

Mikko Lampinen

# Pientaloalueen kaukolämpöverkoston teknistaloudellinen tarkasteleminen

Opinnäytetyö  
Talotekniikka


Huhtikuu 2011



**MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU**

Mikkeli University of Applied Sciences

# KUVAILULEHTI

		<b>Opinnäytetyön päivämäärä</b>  3.5.2011	
<b>Tekijä</b>  Mikko Lampinen		<b>Koulutusohjelma ja suuntautuminen</b>  Talotekniikka LVI-tekniikan suuntautumisvaihtoehto	
<b>Nimeke</b>  Pientaloalueen kaukolämpöverkoston teknistaloudellinen tarkasteleminen			
<b>Tiivistelmä</b>  <p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää kaukolämpöverkoston laajentamista pientaloalueelle. Työn kohteeksi valittiin Jämsän Aluelämpö Oy:n toimialueelta pientaloalue nykyisen kaukolämpöverkoston läheisyydestä. Tutkimuksen tarkoituksena oli määrittää pientaloalueen kaukolämpöverkoston investoinnin takaisinmaksuaika ja kannattavuus yrityksen näkökulmasta.</p> <p>Tutkimusaineisto kerättiin haastattelemalla kohdealueen kiinteistöjen omistajia. Tutkimusaineiston perusteella määritettiin alueelta vuosittain saatavat tulot. Tulot muodostuivat teho- ja energiamaksuista Jämsän Aluelämpö Oy:n voimassa olevien lämmönmyyntiehtojen mukaisesti.</p> <p>Tutkimuksen kohdealueelle suunniteltiin kaukolämpöverkosto, jonka perusteella määritettiin rakentamiskustannukset ja tarvittava investoinnin suuruus. Investoinnille laskettiin takaisinmaksuaika, joka Jämsän Aluelämpö Oy:n nykyisten hintojen perusteella ja korkotasosta riippuen oli viidestä kahteentoista vuotta.</p> <p>Tulosten perusteella todettiin, että pientaloalueen kaukolämpöverkoston takaisinmaksuaikaan ja kannattavuuteen vaikuttaa suuresti liittymismaksujen suuruus. Tutkimuksen kohdealueen kaukolämpöverkoston toteuttaminen vaatii liittymismaksujen korottamista nykyisistä, jotta investointi olisi kannattava. Pientaloalueen kaukolämpöverkoston investoitaessa on liittymismaksujen suuruutta syytä tapauskohtaisesti tarkastella ennakoon kohtuullisen takaisinmaksuajan määrittämiseksi.</p>			
<b>Asiasanat (avainsanat)</b>  Kaukolämmitys, kaukolämpöverkosto, laskentamalli			
<b>Sivumäärä</b>  39 + 5	<b>Kieli</b>  Suomi	<b>URN</b>	
<b>Huomautus (huomautukset liitteistä)</b>			
<b>Ohjaavan opettajan nimi</b>  Jarmo Tuunanen		<b>Opinnäytetyön toimeksiantaja</b>  Jämsän Aluelämpö Oy	

## DESCRIPTION

 <b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences		<b>Date of the bachelor's thesis</b>  3/5/2011	
<b>Author</b>  Mikko Lampinen		<b>Degree programme and option</b>  Building Services Engineering	
<b>Name of the bachelor's thesis</b>  District heating network of a residential area			
<b>Abstract</b>  <p>The aim of this Bachelor's thesis was to study a district heating network of a residential area. An area was chosen near the existing district heating network and the purpose was to find out how economically viable it is to expand the network to the target area. All the calculations were made from the company's point of view.</p> <p>The research material was collected by interviewing the resident owners of the target area. The research material was analysed to find out the amount of annual energy sales of the area. A district heating network was designed to the area and based on it the investment was calculated.</p> <p>As a result by comparing the costs and the earnings one could tell that the payback time of the district heating network investment is from five to twelve years depending on the original company rates and the interest used.</p> <p>Based on the results gathered, conclusion was that the viability of the investment depends much on the connection fee used. Regarding on the study one could say that the connection fees of residential houses should be raised and when making an investment in district heating network every case should be considered separately.</p>			
<b>Subject headings, (keywords)</b>  District heating, district heating network			
<b>Pages</b>  39+5	<b>Language</b>  Finnish	<b>URN</b>	
<b>Remarks, notes on appendices</b>			
<b>Tutor</b>  Jarmo Tuunanen		<b>Bachelor's thesis assigned by</b>  Jämsän Aluelämpö Oy	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	1
2	JÄMSÄN ALUELÄMPÖ OY .....	1
3	TUTKIMUKSEN TAUSTA, TAVOITTEET, TOTEUTUS JA RAJAUKSET ....	2
3.1	Tausta.....	2
3.2	Tavoitteet .....	3
3.3	Toteutus .....	4
3.4	Rajaukset.....	4
4	MITÄ ON KAUKOLÄMPÖ?.....	5
4.1	Kaukolämmön toimintaperiaate.....	5
4.2	Kaukolämmön jakelujärjestelmä .....	7
4.2.1	Kaukolämpöverkosto .....	7
4.2.2	Kaukolämpöelementit .....	7
4.2.3	Pientalojen asiakaslaitteet .....	8
4.2.4	Kaukolämpöenergian mittaus .....	10
4.3	Kaukolämmön nykytila .....	11
5	LÄHTÖTIETOJEN KERÄÄMINEN .....	11
5.1	Haastattelulomake.....	12
5.2	Tietojen taulukointi.....	12
5.2.1	Tutkimuskohteiden öljynkulutukset.....	12
5.2.2	Tutkimuskohteiden ominaiskulutukset .....	14
6	KAUKOLÄMPÖSUUNNITELMAT .....	16
6.1	Kaukolämpösuunnittelun perusteet .....	16
6.2	Suunnitelmien tausta.....	17
6.3	Suunnitelmien toteutus .....	17
6.4	Suunnitelmien tulkitseminen .....	18
6.4.1	Kaukolämpösuunnitelma 1 .....	18
6.4.2	Kaukolämpösuunnitelma 2 .....	19
6.4.3	Kaukolämpösuunnitelma 3 .....	19
7	INVESTOINTI.....	20
7.1	Rakentamiskustannukset.....	20
7.2	Liittymismaksut .....	24

7.3	Investoinnin omarahoitusosuuden määrä .....	24
8	TULOT JA KULUT.....	25
8.1	Tehomaksut.....	25
8.2	Energiamaksut .....	25
8.3	Verkostohäviöt.....	26
8.4	Energian myynnistä saatava kate .....	28
9	TAKAISINMAKSUAIKA .....	29
9.1	Takaisinmaksuaika tehomaksuilla katettuna .....	30
9.1.1	Liittymismaksun suuruuden vaikutus takaisinmaksuaikaan.....	31
9.2	Takaisinmaksuaika teho- ja energiamaksuilla katettuna .....	33
9.2.1	Liittymismaksun suuruuden vaikutus takaisinmaksuaikaan.....	34
10	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	35
	LÄHTEET .....	38
	LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä on selvitetty kaukolämpöverkoston laajentamista pientaloalueelle. Työn toimeksiantajana toimii Jämsän Aluelämpö Oy. Yhtiön toimialueella on useita kaukolämpöön liitettävissä olevia pientaloja ja alueita, minne kaukolämpöverkosto tulevaisuudessa mahdollisesti laajenee. Nykyisen kaukolämpöverkoston varrelta on valittu yksi pientaloalue tutkimuskohteeksi. Tarkoituksena on kartoittaa alueen pientalojen mahdollisuuksia ja edellytyksiä liittyä kaukolämpöön.

Kaukolämpöverkoston rakentamiseen liittyviä tekijöitä tutkitaan teknistaloudellisesta näkökulmasta Jämsän Aluelämpö Oy:n kannalta. Työssä määritetään potentiaaliset kaukolämpöasiakkaat sekä suunnitellaan alueelle kaukolämpöverkosto ja sen erilaisia mahdollisia reitityksiä. Suunnitelmaan pohjautuen lasketaan kaukolämpöverkoston rakentamiskustannuksia ja tutkitaan investoinnin takaisinmaksuaikoja sekä siihen vaikuttavia tekijöitä.

Aihevalinta pohjautuu Jämsän Aluelämpö Oy:n tarpeeseen selvittää pientaloalueiden kannattavuutta ja mahdollisuuksia liittyä kaukolämpöön. Aihe on yhtiölle tällä hetkellä ajankohtainen. Jämsän aluelämpö Oy:n toimialueella suurimmat kiinteistöt kaukolämpöön on jo liitetty ja verkostoa on tarkoitus laajentaa pientaloalueille lähitulevaisuudessa. Kartoituksen ja laskennan avulla yhtiö määrittää, mitkä alueet ovat kannattavia sekä minkälaisia liittymismaksuja ja takaisinmaksuaikoja pientaloista voidaan odottaa.

## 2 JÄMSÄN ALUELÄMPÖ OY

Jämsän aluelämpö Oy on 20.12.1979 perustettu, kaukolämpötoimintaa harjoittava yritys. Yhtiön osakkeet omistaa Jämsän kaupunki. Yrityksen lämmönmyynti on vuodessa noin 130 GWh ja liikevaihto runsaat 5 miljoonaa euroa.

Yrityksessä työskentelee tällä hetkellä kuusi työntekijää. Yhtiön henkilöstörakenne on seuraava: toimitusjohtaja, käyttöpäällikkö sekä kolme asentajaa ja toimistos sihteeri.

Asiakkaita yrityksellä on lähes 400, joiden yhteenlaskettu rakennustilavuus on yli 2.6 miljoonaa m<sup>3</sup>. Erillisiä kaukolämpöverkostoja yrityksellä on Jämsän alueella yhteensä

viisi kappaletta, yksi Jämsän, Jämsänkosken ja Hallin keskustaajamissa sekä kaksi Kaipolan alueella. Yhteispituus näillä verkoilla on yli 50 km. Lähitulevaisuudessa Jämsän Aluelämpö Oy:llä on tarkoitus yhdistää Jämsän ja Jämsänkosken kaukolämpöverkostot.

Jämsän aluelämpö Oy hankkii myymänsä lämmön Jämsässä ja Jämsänkoskella pääosin ostona Kaipolan ja Jämsänkosken paperitehtaiden voimalaitoksilta. Lämpö saadaan teollisuustuotannon ylijäämänä voimalaitosten lto-järjestelmistä ja matalapainehöyryllä tuotettuna. Yrityksellä on Jämsän ja Jämsänkosken alueella huippu- ja varakäyttöön myös omia öljyllä toimivia lämpökeskuksia joiden yhteenlaskettu teho on 22.6 MW. Hallin taajamassa kaukolämpöenergia tuotetaan noin 85 prosenttisesti kotimaisilla polttoaineilla, metsähakkeella ja palaturpeella, 7 MW:n kpa-laitoksessa. Loput kaukolämpöenergiasta tuotetaan raskaalla polttoöljyllä. Öljyä käytetään pääasiassa vain kesäkuukausina huoltoseisokin yhteydessä. Öljytehoa Hallissa on 12 MW:n edestä.

### **3 TUTKIMUKSEN TAUSTA, TAVOITTEET, TOTEUTUS JA RAJAUKSET**

#### **3.1 Tausta**

Kaukolämmön kokonaislämmitysenergian kulutuksesta suurimman osan käyttävät muut kiinteistöt kuin pientalot. Omakotitalojen osuus maamme kaukolämmön kokonaislämmitysenergian kulutuksesta on runsas 6 prosenttia /1/.

Jämsässä kaukolämpöä on ollut tarjolla jo vuodesta 1979 lähtien. Pääosa julkisista ja suuremmista rakennuksista on jo liitetty kaukolämpöön, mutta noin neljästä sadasta asiakkaasta vain neljännes on pientaloja. Lämmönmyynnillä mitattuna pientalojen osuus on alle 5 prosenttia, lähellä maamme keskiarvoa 6:tta prosenttia. Tulevaisuudessa Jämsän Aluelämpö Oy:n tarkoituksena on enenevässä määrin laajentaa verkostoaan jo olemassa oleville pientaloalueille. Luonnollisesti myös uudiskohteet kiinnostavat, mikäli kaukolämpöverkoston rakentaminen alueelle on mahdollista ja etäisyydet olemassa olevaan runkojohtoon ovat kohtuullisia.

Pientaloasukkaat ovat monella alueella itse olleet aktiivisia ja kyselleet mahdollisuudesta liittyä kaukolämpöön. Tilausta kaukolämmölle olisi enemmän kuin Jämsän Aluelämpö Oy ehtii verkostoaan laajentamaan.

Pientalojen kaukolämpöliittymät ovat usein tarkemmin arvioitavia investointeja suurempiin kiinteistöihin verrattuna. Jos verrataan pientaloa ja asuinkerrostaloa, on myyty lämpöenergia paljon suurempi kerrostalossa. Näin ollen jos kaukolämpöverkostometrit ovat samansuuruiset ja siten myös rakentamiskustannukset, muodostuu takaisinmaksuaika paljon pidemmäksi pientalossa. Suhteutettuna rakennuskustannukset myytyyn kaukolämmitysenergiaan ovat pientalojen kaukolämpöliittymät siis selvästi pidempiaikaisia sijoituksia kuin asuinkerrostalojen vastaavat. Esiselvitykset ovat näin ollen erityisen tärkeitä ja tarpeellisia investoinnin kustannusten ja takaisinmaksuaikojen määrittämisen arvioinnissa pientalojen osalta.

Pientaloalueita tutkittaessa olisi kaukolämpöyrittäjien kannalta edullisempaa, että mahdollisimman moni alueen kiinteistöistä olisi kiinnostunut liittymään kaukolämmitykseen samaan aikaan. Kaukolämpöyrittäjälle on paljon käytännöllisempää ja edullisempaa tarjota liittymismahdollisuutta kaikille alueen asiakkaille samalla kertaa kuin ainoastaan yhdelle kadun päässä sijaitsevalle kiinteistölle. Esiselvitysten perusteella saadaan kokonaiskuva potentiaalisista asiakkaista ja mahdollisista liittyvien lukumääristä. Esiselvitykset ovat myös hyvä tapa uusien asiakkaiden hankkimiseen ja kaukolämmityksen markkinointiin.

### **3.2 Tavoitteet**

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tehdä kaukolämpösuunnitelma sekä kustannus- ja kannattavuuslaskelma eräälle Jämsässä sijaitsevalle pientaloalueelle. Tutkimuksessa määritetään valitun pientaloalueen mahdollisuuksia ja edellytyksiä sekä asukkaiden mielenkiintoa liittyä kaukolämpöön. Työssä suunnitellaan kaukolämpöverkoston kulureitti sekä lasketaan rakentamis- ja käyttökustannuksia. Kustannusten pohjalta suoritetaan laskelmia investoinnin takaisinmaksuajan ja kannattavuuden määrittämiseksi.

Opinnäytetyön tarkoitus on osoittaa, kuinka kannattavaa tai kannattamatonta Jämsän Aluelämpö Oy:n on rakentaa kaukolämpöverkosto tutkimuskohteena olevalle pientaloalueelle. Työn tuloksia Jämsän Aluelämpö Oy voi käyttää tulevaisuudessa toiminta-



politiikkansa määrittämisen apukeinona pientaloalueiden kaukolämmitysverkoston rakentamiseen liittyen.

### **3.3 Toteutus**

Tutkimus toteutettiin valitsemalla Jämsän Aluelämpö Oy:n toimialueelta pientaloalue, joka on todennäköinen suunta kaukolämpöverkoston laajentamiselle tulevaisuudessa. Tutkittava pientaloalue valittiin yhdessä Jämsän Aluelämpö Oy:n toimitusjohtajan kanssa ja tutkimuksen kohteeksi muodostui Puukilan-pientaloalue Jämsän keskustasta. Kyseinen pientaloalue sijaitsee nykyisen kaukolämpöverkoston välittömässä läheisyydessä. Valinnan perusteet olivat seuraavat: Kyseessä on riittävän tiheään rakennettu asuinalue, joka sijaintinsa puolesta sopii hyvin tutkimuskohteeksi. Alueen kiinteistöjen iästä voidaan päätellä lämmitysjärjestelmän olevan yhteensopiva kaukolämmityksen kanssa. Alueen kiinteistöjen omistajien aiemmista yhteydenotoista voidaan todeta, että halukkuutta liittyä kaukolämmityksen piiriin löytyy.

Tutkimuskohde koostuu pääasiassa kahden kadun, Niittytien ja Peltotien, varrella sijaitsevista omakotitaloista. Kaksi tutkittavaa pientaloa on valittu myös Puukilankadun varrelta. Rakennuskanta tällä alueella on muutamia kymmeniä vuosia vanhoja omakotitaloja pääsääntöisesti 1960- ja 1970-luvulta. Tutkimuskohteen omakotitalojen lukumäärä on 32 kappaletta. Tutkimuksen lähtötilanne on esitetty kartassa, josta on nähtävissä tutkimusalue sekä pieni osa olemassa olevan kaukolämpöverkoston runkolinjaa, mihin aluetta ollaan liittämässä (liite 1).

### **3.4 Rajaukset**

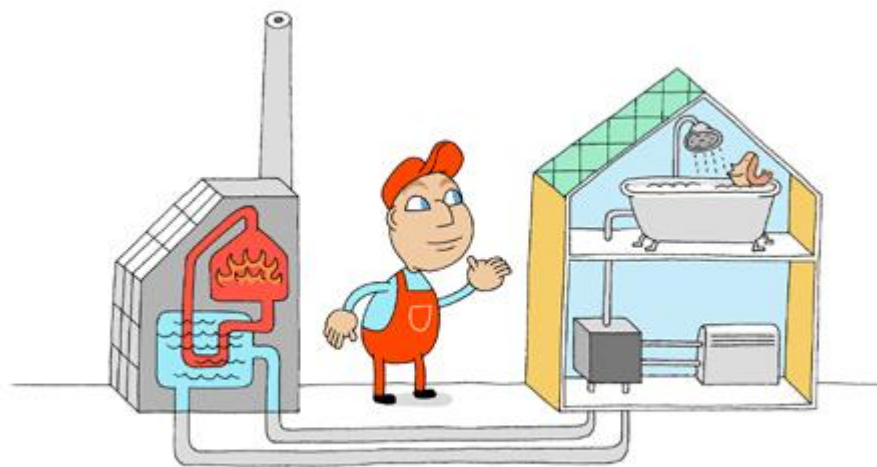
Kaikki lasketut kustannukset ja niistä tehdyt päätelmät on käsitelty Jämsän Aluelämpö Oy:n kannalta. Suunnitelmaan perustuvan investoinnin kannattavuutta arvioidaan ainoastaan yrityksen näkökulmasta. Suunnitelmissa esitetyt putkiosat, rakentamistavat sekä tarvittavat materiaalit on valittu käyttäen viimeisimpiä määräyksiä ja ohjeita.

## 4 MITÄ ON KAUKOLÄMPÖ?

### 4.1 Kaukolämmön toimintaperiaate

Kaukolämpö on lämmön keskitettyä tuotantoa ja jakelua asiakkaina oleville kiinteistöille kaukolämpöverkostoa pitkin. Kaukolämmössä lämpöenergia tuotetaan lämmön ja sähkön yhteistuotantolaitoksissa tai erillistuotantona lämpökeskuksissa. Yhteistuotantolaitoksissa lämmön tuotanto mahdollistaa edullisen vastapainesähköntuotannon lämmön ohessa. Näin ollen yhteistuotanto on ekologista ja taloudellisesti edullisempaa kuin sähkön tuottaminen lauhdevoimalaitoksissa. Kaukolämmöntuotannossa laitoksissa käytetään polttoaineina maakaasua, hiiltä, turvetta, öljyä sekä puuta sen eri muodoissa. Teollisuustuotannon ylijäämä lämpöä käytetään, mikäli se on mahdollista. Suomessa kaukolämmöstä suurin osa, noin 75 prosenttia, tuotetaan yhteistuotantolaitoksissa. /2./

Lämpö siirretään kuuman veden muodossa suljetussa kaksiputkisessa kaukolämpöverkostossa asiakkaille. Asiakkaan kiinteistössä on lämmönjakokeskus, jossa lämpöenergia siirtyy asiakkaan omaan lämmitysverkostoon lämmönsiirrinten avulla. Siirrinten välityksellä lämmitetään talon omaa lämmitysverkostoa sekä käyttövettä. Isommissa kiinteistöissä on myös oma lämmönsiirrin ilmanvaihdon lämmittämiseen. Jäähdytynyt kaukolämpövesi johdetaan takaisin lämpölaitokselle uudelleen lämmitettäväksi. /3./ Kaukolämmön toimintaperiaate on esitetty kuvassa 1.



**KUVA 1. Kaukolämmön toimintaperiaate /1/**

Suomessa on käytössä epäsuora kaukolämmitysjärjestelmä, joka on myös maailmanlaajuisesti yleisin. Epäsuorassa järjestelmässä kaukolämpöverkosto on oma suljettu piirinsä ja asiakkaat saavat lämmön lämmönjakokeskuksissa olevien lämmönsiirtimen välityksellä. Kaukolämpövesi ja asiakkaan lämmitysverkossa kiertävä vesi eivät missään vaiheessa sekoitu keskenään. /3./

Siirtimen sisällä virtaukset kulkevat vastavirtaan siirtäen lämpöä ensiövirtauksesta toisiovirtaukseen lämmönsiirtolevyjen välityksellä /4/. Levylämmönsiirrin on esitetty kuvassa 2.



**KUVA 2. Juotettu levylämmönsiirrin /5/**

Pientaloissa käytettävät lämmityksen ja lämpimän käyttöveden lämmönsiirtimet ovat kooltaan koulun oppikirjojen kokoisia.

## **4.2 Kaukolämmön jakelujärjestelmä**

### **4.2.1 Kaukolämpöverkosto**

Kaukolämpöverkosto koostuu kahdesta putkesta, meno- ja paluuputkesta, jotka kulkevat pääsääntöisesti maan alla noin 0,5-1 metrin syvyydessä /3/.

Kaukolämpöverkostossa kiertävä vesi on käsitelty mekaanisten epäpuhtauksien ja hapen poistamiseksi sekä putken sisäpuolisen korroosion estämiseksi. Kaukolämpövesi on värjätty vihreällä myrkyttömällä väriaineella mahdollisten vuotojen paikantamiseksi. Menojohdossa kaukolämpöveden lämpötila vaihtelee sään mukaan välillä 65-115 °C /3/.

### **4.2.2 Kaukolämpöelementit**

Nykyisin käytettävät kaukolämpöelementit ovat niin sanottuja kiinnivaahdotettuja johtoja. Virtausputki on terästä, jonka suojakuorena toimii muovi ja näiden kahden välissä on polyuretaanieriste, joka samalla sitoo rakenteen yhtenäiseksi. /3/

Kaukolämpöelementtejä on kahdentyyppisiä: yksiputkielementit (2 Mpuk), joissa meno- ja paluuputki ovat kumpikin erillisen suojakuoren sisällä, sekä kaksiputkielementit (Mpuk), joissa meno- ja paluuputki ovat saman suojakuoren sisällä. Kummatkin elementtityypit voidaan tarvittaessa varustaa hälytysjohtimin eli vuodonilmaisimin /6./

Kuvassa 3 on esitetty 2 Mpuk-kaukolämpöelementeillä toteutettua kaukolämpöverkostoa.



**KUVA 3. 2 Mpuk-kaukolämpöelementtejä**

Kaukolämpöelementtejä koskevat eristysvahvuudet ovat viimeisimmän suosituksen mukaan kasvaneet. Kuvassa 3 näkyvän, edellisten suositusten mukaan valmistetun, DN 200-kokoisen kaukolämpöelementin ulkohalkaisija on 560 mm /6/. Nykyään voimassa olevien suositusten mukaan DN 200-kokoisen kaukolämpöelementin ulkohalkaisija on 710 mm /7/. Eristysvahvuuksia kasvattamalla vähennetään lämpöhäviöitä.

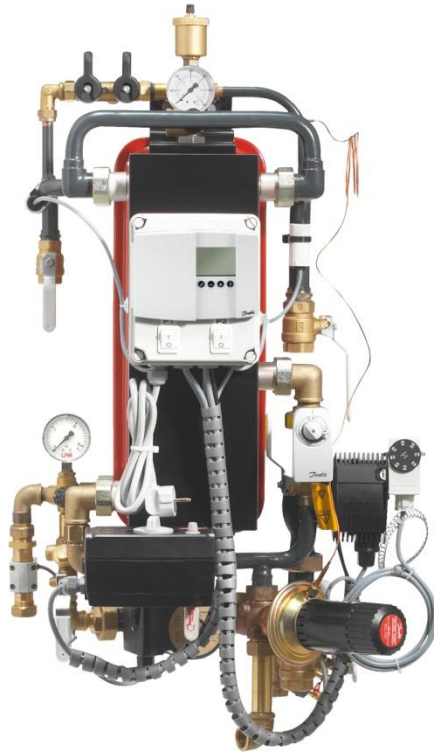
#### **4.2.3 Pientalojen asiakaslaitteet**

Kaukolämpöön liitettävissä kiinteistöissä on oltava vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä tai ilmalämmitys. Suurin osa kaukolämpöön liittyvistä vanhoista pientaloista on aiemmin ollut öljy- tai puulämmitteisiä. Suorasähkölämmitteinen kiinteistö ei ole lämmitysjärjestelmänsä vuoksi soveltuva kaukolämpöön liitettäväksi. Suorasähkölämmitteisen talon lämmitysjärjestelmän muuttaminen vesikiertoiseksi on kallista ja tästä syystä sähkölämmitteisten kiinteistöjen omistajat eivät ole yleensä kiinnostuneet liittymään kaukolämpöön. Öljylämmitteisten kiinteistöjen omistajat taas ovat useimmin kaukolämmön piiriin haluavia.

Asiakkaan lämmönjakohuoneessa on lämmönjakokeskus, joka on kiinteistön kaukolämpöön liittyessä asiakkaan itse hankittava. Asiakas omistaa lämmönjakokeskuksen

ja samalla vastaa sen toiminnasta. Tarvittaessa kaukolämpöyritys voi vaatia asiakasta korjaamaan/vaihtamaan lämmönjakokeskuksen tai sen osia, mikäli ne ovat epäkunnossa ja aiheuttavat ylimääräisiä kustannuksia yritykselle. Esimerkiksi epäkunnossa oleva säädin voi aiheuttaa kaukolämpöveden turhan kiertämisen lämmönvaihtimessa ja aiheuttaa ylimääräisiä pumppauskustannuksia kaukolämpöyrittäjälle.

Pientalo-kaukolämpöasiakkaan lämmönjakokeskus on esitetty kuvassa 4.



**KUVA 4. Pientalon lämmönjakokeskus /8/**

Pientaloasiakkaan lämmönjakokeskus pitää sisällään seuraavat pääosat /8/:

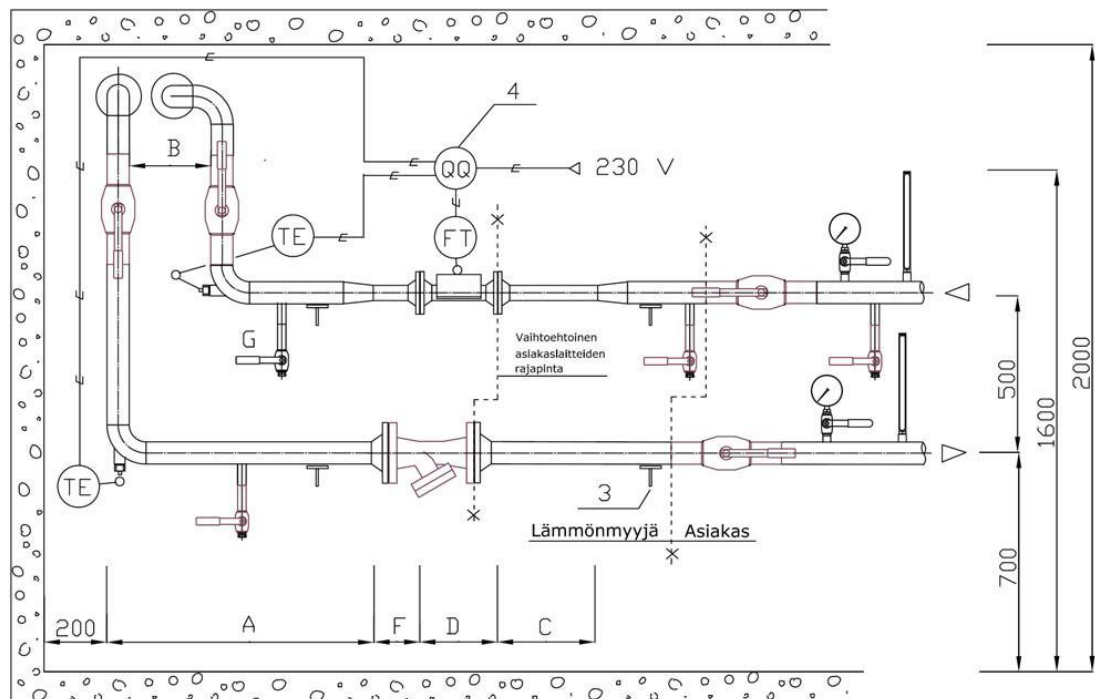
- elektroniset säätölaitteet lämmitysverkoston ja lämpimän käyttöveden säädössä
- lämmityksen kiertovesipumppu
- käyttöveden kiertovesipumppu
- pistotulppa sähkökytkentään
- ohjauskeskus pumppujen käyttökytkimille
- sulkuventtiilit
- painemittarit
- paisunta-astia.

#### 4.2.4 Kaukolämpöenergian mittaus

Lämpöenergiamittari on laite, joka on suunniteltu mittaamaan lämpöenergiaa, jota lämmönsiirtopiirissä virtaava lämmönsiirtoneste luovuttaa. Lämpöenergiamittari on joko itsenäinen laite tai yhdistetty laite, joka koostuu virtausanturista, lämpöanturiparista ja laskimesta tai niiden yhdistelmästä. Virtausantureita on toimintatavaltaan erityyppisiä. Kaukolämpöenergian mittauksissa käytetään nykyään yleisesti magneettisia ja ultraäänimittareita sekä vähemmässä määrin mekaanisia ja paine-eroon tai värähtelyyn perustuvia mittareita. /9./

Nykyään suurin osa kaukolämpöön liitettävistä uusista asiakkaista kytketään energiamittauksen etäluentajärjestelmään. Aikaisemmin energiamittaus suoritettiin asiakkaan tai kaukolämpöyrityksen toimesta paikallisesti. Kaikki Jämsän Aluelämpö Oy:n asiakkaat on liitetty energiamittauksen etäluentajärjestelmään.

Kuvassa 5 on mittauskeskuksen peruskytkentä, missä on esitetty tarvittavat putkivarausteet ja merkitty lämmönmyyjän sekä asiakkaan toimitus- ja vastuuraja. Lämmönmyyjä omistaa lämpöenergiamittarin ja mittaukseen liittyvät komponentit sekä mudanerottimen ja sulkuventtiilit.

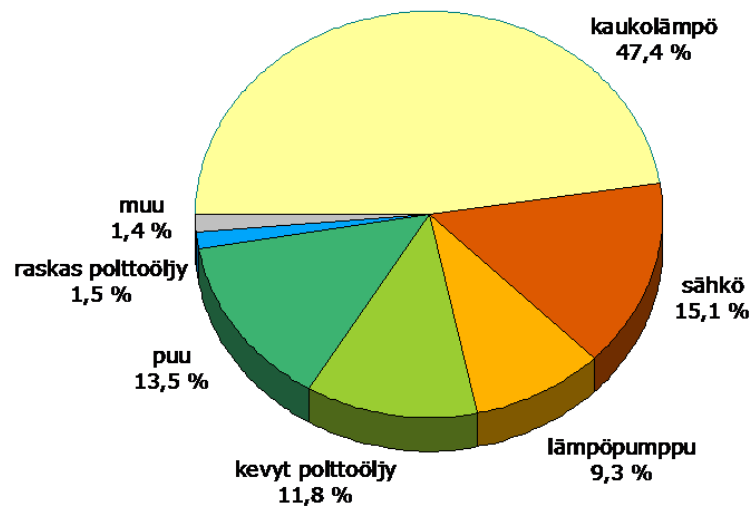


**KUVA 5. Mittauskeskuksen peruskytkentä /9/**

Jämsän Aluelämpö Oy käyttää pientalojen energian mittauksessa Kamstrup A/S:n Multical 401-ultraäänimittaria.

### 4.3 Kaukolämmön nykytila

Suurin osa julkisista rakennuksista on kaukolämmitettyjä. Lähes puolet kaikkien rakennusten lämmitysenergian tarpeesta saadaan kaukolämmöstä (kuva 6). Suurimmissa kaupungeissa rakennusten lämmitysenergian tarpeesta yli 90 prosenttia katetaan kaukolämmöllä. Vuonna 2010 asuntojen osuus kaukolämmön myynnistä oli 55 prosenttia. Kaukolämmitettyjä asuntoja oli vuoden lopussa 1,25 miljoonaa ja yhteensä kaukolämmitetyissä taloissa asuu yli 2,6 miljoonaa ihmistä. /10./



KUVA 6. Lämmityksen markkinaosuudet vuonna 2009 /1/

## 5 LÄHTÖTIETOJEN KERÄÄMINEN

Lähtötietojen kerääminen tutkimusalueen kiinteistöistä ajoittui loppuvuoden 2010 ja kevään 2011 väliselle ajalle. Tietoja alueen kiinteistöistä kerättiin talojen omistajia haastattelemalla, tätä varten erikseen suunnitellulla haastattelulomakkeella (liite 2). Haastatteluiden perusteella määritettiin kiinteistöjen pääasiallinen lämmitystapa sekä kulutus- ja rakennustiedot. Haastatteluissa kartoitettiin myös kiinteistöjen omistajien kiinnostusta liittyä kaukolämpöön. Haastattelut suoritettiin ovelta ovelle - menetelmällä, toisin sanoen kaikkia kiinteistöjen omistajia on haastateltu henkilökohtaisesti.



## 5.1 Haastattelulomake

Haastattelulomake on kohdennettu pientaloasukkaille kiinteistöjen perustietojen keräytystä varten. Lomake on suunniteltu siten, että voidaan selvittää, onko kyseinen kiinteistö sopiva liitettäväksi kaukolämpöön. Kaikkia haastattelulomakkeessa kysyttyjä tietoja ei käytetty tässä tutkimuksessa. Osa kysymyksistä koski mahdollisia tulevaisuudessa toteutettavia jatkotutkimuksia.

Haastatteluiden perusteella 32 kiinteistöstä löytyi 18 mahdollista liittyjää. Kaikissa 18 kiinteistössä oli vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä. Yksikään suoralla sähköllä lämmitetyn kiinteistön omistaja ei ollut kiinnostunut kaukolämmityksestä. Alustavan verkostosuunnitelman valmistuttua yksi omakotitalo jätettiin tutkimuksen ulkopuolelle kiinteistön syrjäisen sijainnin ja taloudellisten syiden takia. Liittymisjohdon rakennuskustannukset arvioitiin tätä yhtä kiinteistöä kohden liian suuriksi ja investointi kannattamattomaksi verrattuna muiden talojohtojen kustannuksiin. Päätös tehtiin yhdessä tutkimuksen tilaajan kanssa perustuen aiempiin kokemuksiin vastaavanlaisista tilanteista.

Lopullinen otos on 17 omakotitaloa, joista 9 sijaitsee Niittytiellä, 6 Peltotiellä ja kaksi Puukilankadulla. Näistä 13 on öljylämmitteisiä, ja loppuissa on kaksoispesäkattila, joissa poltetaan joko puuta tai öljyä, tai ne ovat varustettu sähkövastuksilla.

## 5.2 Tietojen taulukointi

Haastattelulomakkeiden tiedot kiinteistöistä on tämän kappaleen alaluvuissa koottu taulukoiksi. Taulukkoon on valittu ne arvot, jotka talouslaskennan ja teknisen tarkastelun kannalta ovat oleellisia. Taulukoiden arvot perustuvat kiinteistöjen omistajien ilmoittamiin tietoihin muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta.

### 5.2.1 Tutkimuskohteiden öljynkulutukset

Taulukkoon 1 on koottu kiinteistöjen öljynkulutukset, joista on laskettu kiinteistöjen kuluttama vuosienenergia hyötysuhteineen. Viiden kiinteistön kohdalla kulutustietoja ei ollut saatavissa. Tällöin öljynkulutus on arvioitu vertaamalla kiinteistöjä pinta-

alaltaan, iältään ja muilta ominaisuuksiltaan vastaavanlaisiin tutkimusalueen pientaloihin. Taulukossa arvioidut öljynkulutukset ovat esitetty alleviivattuna.

Vuosienergia on laskettu kiinteistön todellisesta öljynkulutuksesta yhtälöllä 1 käyttäen arvoa 1 litra kevyttä polttoöljyä sisältää 10 kWh energiaa /11/.

$$E_a = a \cdot b \quad (1)$$

$E_a$	kiinteistön vuosienergia, kWh/vuosi
$a$	öljyn vuosikulutus, litraa
$b$	öljyn lämpösisältö, kWh/litra

Todellinen kulutus saadaan, kun lasketaan mukaan kattilan hyötysuhde. Uusilla kattiloilla hyötysuhde voi olla lähellä 0,95, mutta parikymmentä vuotta vanhoilla enää noin 0,75 – 0,85 /12/. Tutkimusalueen kiinteistöjen kattilat olivat haastattelutietojen perusteella suurin osa jo muutaman kymmenen vuoden ikäisiä. Hyötysuhteen arvoksi valittiin 0,75. Vuosienergian kulutuksen laskenta on esitetty yhtälössä 2.

$$E_{a0,75} = E_a \cdot 0,75 \quad (2)$$

$E_{a0,75}$	kiinteistön vuosienergia hyötysuhde huomioon ottaen, kWh/vuosi
$E_a$	kiinteistön vuosienergia, kWh/vuosi
0,75	hyötysuhde

**TAULUKKO 1. Öljynkulutukset ja vuosienergiat**

<b>Tutkimuskohde</b>	<b>öljynkulutus l/a</b>	<b>vuosienergia <math>\eta=0,75</math> kWh/a</b>
Niittytie	<u>2 500</u>	18 750
Niittytie	3 000	22 500
Niittytie	4 000	30 000
Niittytie	<u>3 000</u>	22 500
Niittytie	2 500	18 750
Niittytie	<u>3 000</u>	22 500
Niittytie	3 000	22 500
Niittytie	3 000	22 500
Niittytie	3 500	26 250
Peltotie	2 300	17 250
Peltotie	2 500	18 750
Peltotie	2 000	15 000
Peltotie	3 000	22 500
Peltotie	<u>3 000</u>	22 500
Peltotie	1 200	9 000
Puukilankatu	3 000	22 500
Puukilankatu	<u>2 500</u>	18 750
<b>yhteensä</b>	<b>47 000</b>	<b>352 500</b>

Taulukosta 1 selviää, että tutkimusalueen 17 kiinteistön energiankulutus on 352,5 MWh vuodessa. Tätä arvoa tullaan käyttämään myöhemmin, kun määritellään kauko-  
lämpöenergian myynnistä saatavia tuloja tutkimusalueella.

Taloa kohden energiankulutus on noin 21 MWh/vuosi. Luku on odotetun suuruinen, sillä tutkimusalueen kiinteistöt edustavat vanhempaa rakennuskantaa. Eristysvahvuudet eivät tuolloin olleet niin paksuja kuin nykyään, jolloin lämpöhäviöt ovat vanhemmissa taloissa suuremmat. Kattilan hyötysuhde on myös varsin alhainen. Ottaen huomioon edelliset tekijät voidaan todeta, että kiinteistökohtainen kulutus on totuudenmukainen.

### 5.2.2 Tutkimuskohteiden ominaiskulutukset

Taulukossa 2 on esitetty laskelmat kiinteistöjen pinta-aloista, rakennustilavuuksista ja näiden kautta määritellyistä ominaiskulutuksista. Ominaiskulutus kertoo kiinteistön energiatehokkuuden lämmitysmuodosta tai talotyyppistä riippumatta. Vertailuarvona käytetään kWh/m<sup>3</sup>/vuosi, joka sisältää kiinteistön lämmitykseen ja lämpimän käyttöveden valmistamiseen tarvittavan energian suhteessa rakennustilavuuteen.

Kahden kiinteistön kohdalla pinta-alatietoja ei ollut saatavissa. Tällöin pinta-ala on arvioitu vertaamalla kiinteistöjä vastaavanlaisiin tutkimusalueen alueen pientaloihin. Taulukossa 2 arvioidut pinta-alan arvot ovat esitetty alleviivattuna.

Kiinteistön rakennustilavuuden tieto kysyttiin haastattelulomakkeessa. Kuitenkin tulosten selvästä hajonnasta ja rakennuskorkeuden erilaisista määritelmistä johtuen laskuissa on käytetty samaa arvoa kaikkien kiinteistöjen kohdalla. Rakennuskorkeuden arvoksi valittiin 2,5 metriä. Rakennustilavuuden laskukaava on esitetty yhtälössä 3.

$$V = A \cdot h \quad (3)$$

V	rakennustilavuus, m <sup>3</sup>
A	lämmitetty pinta-ala, m <sup>2</sup>
h	rakennuskorkeus, metriä

Ominaiskulutus on laskettu käyttämällä edellä saatuja vuosienenergian ja rakennustilavuuden arvoja. Laskukaava on esitetty yhtälössä 4.

$$Q_{om} = \frac{E_{a0,75}}{V} \quad (4)$$

Q <sub>om</sub>	kiinteistön ominaiskulutus, kWh/m <sup>3</sup> /vuosi
E <sub>a0,75</sub>	vuosienenergia hyötysuhteella 0,75, kWh/vuosi
V	rakennustilavuus, m <sup>3</sup>

**TAULUKKO 2. Pinta-alat, rakennustilavuudet ja ominaiskulutukset**

<b>Tutkimuskohde</b>	<b>lämmitetty A m<sup>2</sup></b>	<b>rakennustilavuus m<sup>3</sup></b>	<b>ominaiskulutus kWh/m<sup>3</sup>/a</b>
Niittytie	115	288	65
Niittytie	250	625	36
Niittytie	157	393	76
Niittytie	270	675	33
Niittytie	100	250	75
Niittytie	150	375	60
Niittytie	99	248	91
Niittytie	150	375	60
Niittytie	150	375	70
Peltotie	130	325	53
Peltotie	110	275	68
Peltotie	260	650	23
Peltotie	140	350	64
Peltotie	150	375	60
Peltotie	77	193	47
Puukilankatu	155	388	58
Puukilankatu	100	250	75
<b>yht. / keskiarvo</b>	<b>2 563</b>	<b>6 408</b>	<b>55</b>

Tutkimusalueen kiinteistöjen ominaiskulutuksien keskiarvo on 55 kWh/m<sup>3</sup>/vuosi. Luku on odotetun suuruinen. Jämsän Aluelämpö Oy:n kaukolämpöverkostoon tällä hetkellä liitettyjen pientalojen ominaiskulutuksien keskiarvo on 47 kWh/m<sup>3</sup>/vuosi.

## 6 KAUKOLÄMPÖSUUNNITELMAT

### 6.1 Kaukolämpösuunnittelun perusteet

Kaukolämpösuunnittelemisessa tärkeää on minimoida putkimetrit ja etsiä reitti, joka aiheuttaa vähiten kustannuksia. Ongelmia pyritään välttämään, mutta silti suunnitteluvaiheessa ei aina tiedetä, mitä mahdollisia esteitä maan alta löytyy. Näkyvissä olevat esteet, kuten sähkö- ja valaisinpylväät, ovat ennakoitavia ja useassa tapauksessa kadun puolta vaihtamalla voidaan helpottaa rakentamista huomattavasti. Maan alla voi kuitenkin olla pehmeän hiekan sijasta kallio, jonka louhiminen aiheuttaa lisäkustannuksia. Ennakoinnilla ja hyvällä suunnittelulla voidaan helpottaa rakentamista ja vähentää kustannuksia. Hyvä tapa on esimerkiksi esiselvitysten yhteydessä tai viimeistään ennen rakentamisen aloittamista tilata putki- ja kaapelinäytöt niin vesi- ja sähköjohtojen sekä muiden mahdollisten kaapeleiden osalta.

## 6.2 Suunnitelmien tausta

Puukilan-pientaloalueen kaukolämpösuunnitelmaa varten tehdyt alustavat tutkimukset tehtiin syksyllä 2010 ennen ensilumien tuloa. Tarkoituksena oli tutkia maastorakennetta, havainnoida mahdollisia esteitä ja rakentamisen kannalta arvioituja ongelma- paikkoja. Huomioon otettiin esimerkiksi katuvalojen sijainti, teiden päällystykset, vesi- ja viemäriinjat sekä kiinteistöjen ja kaupungin tonttien rajat.

Varsinainen kaukolämpöverkoston suunnitteleminen aloitettiin haastatteluiden yhteydessä. Kaukolämpöverkostoa suunniteltiin tutkimuspaikan päällä ottaen huomioon asukkaiden mahdolliset toiveet reitityksen suhteen. Haastatteluiden yhteydessä huomioitiin myös talojen lämmönjakohuoneiden sijainti. Suunnitelmissa kaukolämpöputken sisäänmenopaikat ovat poikkeuksetta aina lämmönjakohuoneiden kohdalla tai aivan näiden välittömässä läheisyydessä.

Suunnitelmia tehtiin kaikkiaan kolme erilaista versiota, joissa jokaisessa on tavoiteltu erilaista ajatustapaa rakentamisen suhteen. Tarkoituksena oli kartoittaa erilaisia vaihtoehtoja putkimetriä ja putkiosien määrän optimoimisen sekä rakentamisen helppouden suhteen. Kaikissa versioissa pohjimmainen ajatus oli kuitenkin kustannustehokkuuden ja realistisen toteuttamistavan tavoittelemine.

## 6.3 Suunnitelmien toteutus

Suunnitelmia tehdessä huomioitiin viimeisimmät voimassa olevat määräykset ja suositukset liittyen kaukolämpöverkoston rakentamiseen, käytettäviin materiaaleihin ja toteuttamistapoihin.

Suunnitelmissa valitut putkikoot perustuvat Jämsän Aluelämpö Oy:n aiempiin laskelmiin ja kokemukseen. Putkikoot valittiin siten, että myös tulevaisuudessa on mahdollista laajentaa Puukilan-pientaloalueen kaukolämpöverkostoa edelleen. Pelkästään kyseisen alueen kaukolämmityksen toteuttamiseen olisi runkojohdon kohdalla riittänyt yhtä kokoa pienempi putkidimensio.

Suunnitteluvaiheessa valittiin käytettäväksi elementtirakenteeksi Mpuk-kaksiputkirakenne, koska että Jämsän Aluelämpö Oy:n rakennuttamistapaan kuuluu

toteuttaa pienemmät kaukolämpöverkostot käyttäen kaksiputkirakennetta. Myös viimeisimmät suositukset tukevat samaa toteuttamistapaa.

Kaksiputkirakenteella lämpöhäviöt ovat selkeästi vastaavaa yksiputkirakennetta pienemmät. Kokemus on myös osoittanut, että etenkin pienissä dimensioissa myös investointikustannukset ovat kaksiputkirakenteella pienemmät. Rakentamisen ja käytön luotettavuudessa ei ole havaittu eroja. Energiategollisuus suosittelee, että dimensioalueella DN 15 – 80 käytettäisiin kaksiputkirakennetta, DN 100 – 250 tapauskohtaisesti yksi- tai kaksiputkirakennetta ja  $\geq$  DN 300 yksiputkirakennetta. /9./

## 6.4 Suunnitelmien tulkitseminen

Tutkimuksen liitteenä olevissa kaukolämpösuunnitelmissa on esitetty tutkimusalue tutkimuskohteineen. Nykyinen kaukolämpöverkosto on merkitty jatkuvalla vaaleanpunaisella viivalla sekä jo kaukolämpöön liitetyt kiinteistöt sinisellä täytöllä. Suunniteltu kaukolämpöverkosto on piirretty punaisella katkoviivalla ja suunnitellut liitettävät kiinteistöt punaisella täytöllä. Kaukolämpöverkostossa olevat siniset osuudet kuvaavat teiden alitusten yhteydessä suojaputkessa kulkevaa kaukolämpöjohtoa.

Talojen yhteydessä olevat punaiset kirjaimet tarkoittavat kiinteistön lämmitystapaa. Ö kuvaa öljylämmitystä ja SS suoraa sähkölämmitystä.

### 6.4.1 Kaukolämpösuunnitelma 1

Puukilan-pientaloalueen ensimmäinen kaukolämpösuunnitelma kuvaa miten alueen kaukolämmitysverkosto voidaan yksinkertaisimmillaan toteuttaa Jämsän Aluelämpö Oy:n kannalta. Ajatuksena suunnitelmassa on, että suunniteltu kaukolämpöverkosto kytketään olemassa olevaan linjaan, josta verkosto jatkuu tien samalla puolen. Kaikki Niittytien varrelta liitettävät kiinteistöt kytketään kukin omalla talojohdolla runkolinjaan.

Suunnitelman perusajatuksena on rakentamisen selkeä toteuttaminen sekä lyhimpien kaukolämpökanavametrienvälisten tavoittelemisen. Yhteenlaskettu kaukolämpökanavametriäärä on 563 metriä. Kaukolämpösuunnitelma 1 on esitetty liitteessä 3.

### 6.4.2 Kaukolämpösuunnitelma 2

Toinen kaukolämpösuunnitelma on suunniteltu urakoitsijan näkökulmasta. Niittytien idän puoleisessa tien reunassa sijaitsee valaisinpylväitä (kuva 7). Suunnitelmassa 2 kaukolämpöverkoston runkolinjan kulkureitti vaihdetaan kadun länsipuolelle heti olemassa olevaan linjaan kytkemisen jälkeen. Valaisinpylväät kiertämällä helpotetaan maanrakennustöitä, koska valaisinpylväiden sähköjohdot eivät ole kaivinkoneen tiellä. Kadun länsipuolella puolella on myös enemmän tilaa, sillä kaupungin tontti (oja) on tällä puolella isompi. Muutoin kiinteistöjen talohaarat suoritetaan samalla tavalla kuin suunnitelmassa 1.



**KUVA 7. Niittytie etelästä katsoen**

Peltotien puoleinen kaukolämpöverkoston reititys on suunniteltu samalla tavalla kuin ensimmäisessä vaihtoehdossa. Kaukolämpökanavametrit ovat hieman pidemmät suunnitelmassa 2 suunnitelmaan 1 verrattuna. Kaukolämpösuunnitelma 2 on esitetty liitteessä 4.

### 6.4.3 Kaukolämpösuunnitelma 3

Kolmas kaukolämpösuunnitelma on toteutettu enemmänkin alueen asukkaiden näkökulmasta. Kolmannessa kaukolämpösuunnitelmassa ajatuksena on tehdä kaukolämpöverkosto jossa teiden alituksia olisi mahdollisimman vähän. Tutkimusalueen kadut



ovat päällystettyjä ja kaukolämpöverkoston rakentaminen sekä teiden alittaminen vaatii aina kadun pinnan rikkomista. Asukkaiden näkökulmasta on parempi, että teissä olisi mahdollisimman vähän uudelleen laitettua asfalttia. Paikatut asfalttikohdat ovat aina herkempiä routavaurioille. Monesta tienalituskohdasta aiheutuu myös haittoja rakentamisaikaisiin kulkuyhteyksiin.

Teiden alituksista aiheutuu aina lisäkustannuksia yrityksen kannalta. Toisaalta putki- ja kanavametrit kasvavat, koska kaukolämpöjohto kulkee samanaikaisesti teiden molemmilla puolilla. Kolmannessa kaukolämpösuunnitelmassa on kolme tien alitusta, toisessa suunnitelmassa seitsemän sekä ensimmäisessä kuusi kappaletta. Kaukolämpökanavametrit ovat pisimmät suunnitelmassa 3. Kaukolämpösuunnitelma 3 on esitetty liitteessä 5.

## **7 INVESTOINTI**

Ennen takaisinmaksuajan tarkastelemista on määritettävä, minkä suuruinen on Jämsän Aluelämpö Oy:n investoinnin määrä Puukilan-pientaloalueen kaukolämpöverkoston rakentamisessa. Investoinnilla tarkoitetaan tässä rahamäärää, joka yrityksen on sijoitettava kaukolämpöverkostoon sen rakentamisen yhteydessä. Investointi koostuu rakentamiskustannuksista ja se katetaan yleensä lainarahalla.

### **7.1 Rakentamiskustannukset**

Rakentamiskustannukset on määritetty edellisessä luvussa esitettyjen kaukolämpösuunnitelmien pohjalta. Tarvittavat maanrakennustyöt, putkityöt sekä sisäpuoliset työt ja näiden määrät on katsottu suunnitelmista ja koottu mittauspöytäkirjaksi taulukossa 3.

Maanrakennustöiden, putkitöiden sekä sisäpuolisten töiden osat, metrit ja hinnat on määritetty Jämsän Aluelämpö Oy:n voimassa olevien urakointisopimusten mukaan. Kaukolämpöverkoston rakennustyöt Jämsän Aluelämpö Oy teettää ulkopuolisella urakoitsijalla yksikköhinnoin. Tarvittavat rakennusyksiköt, jokaisen kolmen kaukolämpösuunnitelman kohdalla, on esitetty taulukossa 3. Taulukon lopussa on esitetty kunkin kaukolämpösuunnitelman rakennuskustannusten kokonaishinta. Kaikki luvussa esitetyt hinnat on ilmoitettu arvonlisäverottomina.

Kaukolämpökanavametrit on määritetty suunnitelmista mittakaavaan perustuen. Suorien elementtien metrimäärä on laskettu kaukolämpökanavametrien perusteella ottaen huomioon kulmaelementtien ja haaroituselementtien vaatima tilantarve. Suorien kaukolämpöelementtien (kankien) täytenä pituutena on käytetty 12 metriä. Tarvittavat putkiosat ja liitokset on arvioitu putkimetrien perusteella. Sisäpuolisten töiden osuudeksi arvioitiin jokaisen kiinteistön kohdalla kiinteä hinta 900 euroa/kiinteistö. Hinta pitää sisällään tarvittavat putkityöt mittauskeskuksen ja mittaroinnin toteuttamiseksi. Mittarin hinta 300 euroa/kpl sisältyy kustannukseen.

**TAULUKKO 3. Kaukolämpösuunnitelmien mittauspöytäkirjat**

<b>Mittauspöytäkirja</b>	<b>Suunni- telma 1</b>	<b>Suunni- telma 2</b>	<b>Suunni- telma 3</b>	<b>määrä</b>
<b>1. Maanrakennustyöt</b>				
Kaukolämpökanava				
Dn 50	183	194	183	m
Dn 40	100	100	110	m
Dn 25	280	271	326	m
Suojaputket asennettuna				
Ds = 200 mm	30	24	6	m
Ds = 300 mm	6	18	12	m
Reiän teko timanttiporauksella D = 200 mm	17	17	17	kpl
Kestopäällysteet pohjatöineen Ajourata	30	35	15	m <sup>2</sup>
<b>2. Putkityöt / muovisuojauputkikanava MPUK</b>				
Suorat elementit asennettuna				
Mpuk 50/250	173	181	175	m
Mpuk 40/200	96	96	105	m
Mpuk 25/180	262	253	305	m
Kulmaelementit asennettuna				
Mpuk 50/250	1	4	1	kpl
Mpuk 40/200	1	1		kpl
Mpuk 25/180	16	16	19	kpl
Haaroituselementit asennettuna				
Mpuk 50/250	9	9	7	kpl
Mpuk 40/200	3	3	5	kpl
Mpuk 25/180	2	2	2	kpl
Elementin katkaisu				
Mpuk 50/250	9	10	9	kpl
Mpuk 40/200	5	5	6	kpl
Mpuk 25/180	14	14	16	kpl
Haaroitus porausliitoskappaleella Mpuk 25	2	2	2	kpl
Supistuskappaleiden asennus				
DN 50 -> DN 40	2	2	4	kpl
DN 40 -> DN 25	2	2	8	kpl
Poikkisaumat				
DN 50	62	74	56	kpl
DN 40	32	32	42	kpl
DN 25	100	96	114	kpl
Elementtien suojakuorten liitos kutiste				
250 mm	29	35	27	kpl
200 mm	16	16	19	kpl
180 mm	49	45	53	kpl
Paikallahaaroitusyhde 250 mm	2	2	2	kpl
<b>3. Sisäpuoliset työt</b>				
Sisäpuoliset työt kokonaisuudessaan	17	17	17	kpl
<b>Sarakkeen kokonaishinta</b>				
	<b>81 440</b>	<b>83 220</b>	<b>84 330</b>	<b>€</b>

Kaukolämpösuunnitelmien mittauspöytäkirjoista nähdään, että rakentamiskustannusten kannalta tutkimusalueen kaukolämmitysverkoston edullisimmaksi toteuttamistavaksi muodostui vaihtoehto 1. Rakentamiskustannukset suunnitelma 1:n kohdalla olivat 81 440 euroa.

Lämpölaitosten keskimääräiset toteutuneet kaukolämpöjohtojen kokonaisrakentamiskustannukset ilman sisäpuolisten töiden osuuksia vuonna 2009 olivat Energiateollisuus Ry:n mukaan seuraavat /13/:

- Mpuk 50: 147 euroa/metri
- Mpuk 40: 131 euroa/metri
- Mpuk 25: 146 euroa/metri.

Vastaavat arvot Puukilan-pientaloalueen kaukolämpösuunnitelmasta 1 olivat

- Mpuk 50: 111 euroa/metri
- Mpuk 40: 101 euroa/metri
- Mpuk 25: 126 euroa/metri.

Hinnoista nähdään, että Jämsän Aluelämpö Oy:n kaukolämpöverkoston rakentamiskustannukset ovat halvemmat kuin Suomessa keskimäärin. Energiateollisuus Ry:n ilmoittamiin hintoihin vaikuttaa kuitenkin otoksen suuruus ja kaukolämpölaitosten erilaiset käytännöt rakennuskustannusten määrittämisessä, joten tarkkaa tietoa luvut eivät kerro. Eri lämpölaitosten ilmoittamissa hinnoissa oli myös erittäin suuri hajonta.

Vertailun vuoksi voidaan todeta, että mikäli Puukilan-pientaloalueen kaukolämpöverkosto toteutettaisiin 2 Mpuk-kaukolämpöelementeillä, muodostuisi lopullinen hinta edellä saatua suuremmaksi. Energiateollisuus Ry:n tilastojen mukaan 2 Mpuk-kaukolämpöelementtien kokonaisrakentamiskustannukset muodostuisivat noin 25 prosenttia suuremmiksi Mpuk-kaukolämpöelementteihin verrattuna /13/. Kokonaisrakentamiskustannusten kasvaminen 2 Mpuk-kaukolämpöelementeillä toteutettuna selittyy siis sillä, että käytännössä työn ja tarvittavien osien määrä lisääntyy.

2 Mpuk-kaukolämpöelementtejä käytettäessä on rakentamistapa hieman erilainen. Lämpölaajenemisesta johtuen haaroituksissa siirtyy voimia runko- ja haarajohdon välillä. Näiden voimien vähentämiseksi tehdään pitkissä yli 12 metrisissä haarajohtoissa aina z-kulma haaroituksen yhteyteen runkojohdon lähelle. Z-kulmaa ei tarvita

jos käytetään vahvistettuja haarakappeleita tai joustavia putkielementtejä. Z-kulmaa ei myöskään tarvita jos käytetään Mpuk-kaukolämpöelementtejä. /14./

Tästä eteenpäin tutkimuksessa tarkastellaan kustannuksia ainoastaan suunnitelman 1 kannalta. Saadut tulokset eivät suuresti eroa, oli sitten kyseessä suunnitelma 2 tai 3, koska erot rakentamiskustannuksissa eri toteuttamistapojen välillä muodostuivat niin pieniksi.

## 7.2 Liittymismaksut

Ennen rakentamisen aloittamista tehdään asiakkaan kanssa liittymissopimus, jossa määritetään muun muassa liittymismaksun suuruus. Liittymismaksua vastaan lämmönmyyjä rakentaa kaukolämpöjohdon kiinteistön sisälle saakka ja sinne lämpömäärämittauksen. Liittymismaksulla katetaan osa rakentamiskustannuksista heti investoinnin alkuvaiheessa. Koska liittymismaksut saadaan perittyä rakentamisvaiheessa, liittymismaksuista saatavat tulot vähentävät investoinnin omarahoitusosuuden tarvetta.

Jämsän Aluelämpö Oy:n voimassa oleva liittymismaksu vanhojen pientalojen kohdalla on 3000 euroa / kiinteistö.

## 7.3 Investoinnin omarahoitusosuuden määrä

Lopullinen investoinnin omarahoitusosuuden määrä lasketaan vähentämällä saadut liittymismaksut rakentamiskustannuksista (Yhtälö 5).

$$I = rk - 17 \cdot lm \quad (5)$$

I	investoinnin omarahoitusosuuden määrä, euroa
rk	rakentamiskustannukset, euroa
17	tutkimusalueen kiinteistöjen lukumäärä, kpl
lm	liittymismaksu / kiinteistö, euroa

Yhtälöllä 5 laskettuna ja käyttämällä liittymismaksuna 3000 euroa/kiinteistö investoinnin omarahoitusosuuden määräksi jäi 30 440 euroa.

## 8 TULOT JA KULUT

Jämsän Aluelämpö Oy:n kaukolämpöverkostoon liittyneet asiakkaat maksavat tilaamastaan lämpötehosta tehomaksun ja käyttämästään lämpöenergiasta energiamaksun. Kuluja yritykselle aiheutuu kaukolämpöverkoston lämpöhäviöistä. Luvussa 8 on esitetty Puukilan-pientaloalueelta vuosittain saatavat tulot, jotka koostuvat tehomaksuista ja energiamaksuista sekä kulut jotka aiheutuvat verkostohäviöistä. Kaikki luvussa 8 ilmoitetut hinnat on esitetty arvonlisäverottomina.

### 8.1 Tehomaksut

Liittyessään kaukolämpöön asiakas maksaa yleensä liittymistehoon tai liittymisvesivirtaan verrannollista tehomaksua. Tehomaksu on kiinteä vuosittainen maksu, joka ei ole riippuvainen kiinteistön energiankulutuksesta. Jämsän Aluelämpö Oy on määrittänyt pientalojen kohdalla tehomaksun suuruudeksi 220 euroa/vuosi.

Puukilan-pientaloalueen kohdalla saadaan tehomaksuilla katettua investoinnin suuruudesta vuosittain 3740 euroa, joka saadaan kertomalla 220 euron vuotuinen tehomaksu alueella sijaitsevien kiinteistöjen lukumäärällä 17.

### 8.2 Energiamaksut

Jämsän Aluelämpö Oy:n tämänhetkinen energiamaksu on 35 euroa/MWh. Hinta muodostuu lämmön ostosta, tarvittavasta omasta tuotannosta (polttoaine) sekä jakeluverkon häviöistä ja kaukolämpöenergian myynnistä saatavasta katteesta.

Energiamaksun omakustannushinta on Puukilankadulla, pientaloalueen suunnitellun kaukolämpöverkoston liittämiskohdassa, 28 euroa/MWh. Hinta perustuu yrityksen omiin laskelmiin. /15./

Energiamaksusta saatavan katteen suuruudeksi muodostuu Puukilankadulla, suunnitellun pientaloalueen kaukolämmitysverkon liitoskohdassa, edellisten hintojen perusteella 7 euroa/MWh. Luku on saatu vähentämällä energiamaksusta 35 euroa/MWh omakustannushinta 28 euroa/MWh.

Energiamaksusta saatavan katteen suuruus on Puukilan-pientaloalueella erisuuruinen kuin Puukilankadulla. Puukilan-pientaloalueen energiamaksu määräytyy alueelle suunnitellun kaukolämmitysverkoston hyötysuhteesta. Hyötysuhde muodostuu myydystä kaukolämpöenergiasta ja verkostohäviöistä. Laskettu hyötysuhteen arvo suhteutetaan Puukilankadulla liitoskohdassa saatavaan energiamaksun katteeseen 7 euroa/MWh, ja näin saadaan määritettyä katteen suuruus Puukilan-pientaloalueen kaukolämpöenergian myynnille.

### 8.3 Verkostohäviöt

Verkostohäviöt ovat huomioitava kustannuserä kannattavuuslaskelmia tehdessä. Verkostohäviöt koostuvat virtausteknisistä vastuksista eli pumppauskustannuksista ja kaukolämpöputken lämpöhäviöistä ympäröivään maaperään. Virtausteknisiä vastuksia ovat kerta- ja kitkavastukset. Lämpöhäviöitä maahan syntyy, koska lämpövirran suunta on aina korkeammasta lämpötilasta matalampaan ja käyttötilanteessa kaukolämpöverkostossa kiertävä vesi on aina maaperää lämpimämpi. Kaukolämpöelementit on lämpöeristetty tehokkaasti. Johtojen siirtämästä energiasta kuluu jakeluverkon lämpöhäviöihin keskimäärin alle 10 prosenttia /3/. Puukilan-pientaloalueen kaukolämpöverkoston häviöitä on tarkasteltu ainoastaan lämpöhäviöiden kannalta.

Verkostohäviöt putkikoon mukaan on laskettu taulukon 4 arvojen perusteella. Verkostohäviöiden arvot on kysytty KWH pipe:lta /16/. Meno- ja paluulämpötilojen arvoiksi on valittu Jämsän Aluelämpö Oy:n kaukolämpötilastoista vuoden 2010 keskiarvot. Maan lämpötila on valittu ilmatieteen laitoksen tilastoista. Maan lämpötilan arvona on käytetty vuoden 2010 valtakunnallista keskiarvoa. Lämmönjohtavuuden arvot ovat KWH pipe:n käyttämiä arvoja. Peittosyvyys on määritetty Jämsän Aluelämpö Oy:n yleisen käytännön mukaan.

**TAULUKKO 4. Verkostohäviöiden laskennan lähtöarvot**

Menoveden lämpötila keskimäärin	90,7 °C
Paluuv veden lämpötila keskimäärin	48,7 °C
Maaperän lämpötila keskimäärin	1,3 °C
Maaperän lämmönjohtavuus	1,5 W/m°C
Polyuretaanieristeen lämmönjohtavuus	0,025 W/m°C
Peittosyvyys	0,5 m
Mpuk 25	262 m
Mpuk 40	96 m
Mpuk 50	173 m

Putkikokojen mukaiset verkostohäviöt on ilmoitettu taulukossa 5. Taulukon arvot perustuvat KWH pipe:lta saatuihin laskelmiin /16/.

**TAULUKKO 5. Verkostohäviöt putkikoon mukaan, kWh/m,a**

<b>Vuosi</b>	<b>Mpuk 25/180</b>	<b>Mpuk 40/200</b>	<b>Mpuk 50/250</b>
1	84,5	107,9	105,8
2	84,7	108,1	105,9
3	85,6	109	106,3
4	86,9	110,5	107
5	88,4	112,1	107,9
6	89,9	113,9	109
7	91,3	115,6	110,2
8	92,6	117,1	111,4
9	93,7	118,5	112,6
10	94,6	119,7	113,7
11	95,5	120,8	114,7
12	96,2	121,8	115,7
13	96,9	122,7	116,5
14	97,6	123,5	117,4
15	98,1	124,3	118,1
16	98,6	125	118,8
17	99,1	125,6	119,5
18	99,6	126,2	120,1
19	100	126,7	120,6
20	100,4	127,2	121,1

Verkostohäviöt on ilmoitettu 20 vuoden ajalle. Taulukon 5 arvoista voidaan nähdä, että verkostohäviöt kasvavat vuosittain. Kymmenessä vuodessa verkostohäviöt ovat noin kymmenen prosenttia suuremmat verrattuna ensimmäisen vuoden arvoihin.



Lämpöhäviöiden määrään lisääntyminen selittyy polyuretaanin ominaisuuksien heikkenemisestä vuosien mittaan.

Verkostohäviöt on laskettu putkikoko kohtaisesti yhtälöllä 6.

$$V_{h,a} = l_h \cdot l \quad (6)$$

$V_{h,a}$  verkostohäviöt vuodessa, kWh

$l_h$  vuotuiset verkostohäviöt putkikoon mukaan, kWh/m/vuosi

$l$  putken pituus, metriä

Edellisen yhtälön mukaisesti lasketut verkostohäviöt Puukilan-pientaloalueella on esitetty taulukossa 6.

#### TAULUKKO 6. Puukilan-pientaloalueen verkostohäviöt

Mpuk 25	85	kWh/m,a	280	m	23 800	kWh/a
Mpuk 40	108	kWh/m,a	100	m	10 800	kWh/a
Mpuk 50	106	kWh/m,a	183	m	19 398	kWh/a
<b>Yhteensä</b>					<b>53 998</b>	<b>kWh/a</b>

Puukilan-pientaloalueen kaukolämpöverkoston häviöt ovat 54 MWh/vuosi. Tutkimusalueen verkostohäviöitä laskettaessa käytettiin vain taulukon 5 ensimmäisen vuoden arvoja. Valinta perustuu seuraavaan ajatukseen. Alustavan arvioin mukaan Puukilan-kaukolämpöverkoston takaisinmaksuajaksi voidaan odottaa noin kymmentä vuotta laskentatavasta riippuen. Verkostohäviöiden (54 MWh/vuosi) kasvu kymmenellä prosentilla kymmenen vuoden aikana tarkoittaa noin yhden prosentin muutosta verkostohäviöiden suhteesta myytyyn kaukolämpöenergiaan (352,5 MWh/vuosi, kts. taulukko 1.) Verkostohäviöiden vuosittaisella lievällä kasvamisella kymmenen vuoden aikana ei siis juuri ole vaikutusta investoinnin takaisinmaksu-aikaan.

#### 8.4 Energian myynnistä saatava kate

Puukilan-pientaloalueella myytävän kaukolämpöenergian määrä on esitetty taulukon 1 viimeisessä sarakkeessa. Kaukolämpöenergian myynti alueella on 352,5 MWh/vuosi ja kaukolämpöverkoston häviöt ovat taulukon 6 mukaisesti 54 MWh/vuosi. Jotta asiakkaille saadaan toimitettua 352,5 MWh/vuosi energiaa, pitää verkostohäviöt huomi-

oon ottaen alueelle toimittaa yhteensä 406,5 MWh/vuosi. Verkostohäviöiden (54 MWh) osuus myytävästä kaukolämpöenergiasta on noin 13 prosenttia. Puukilan-pientaloalueen kaukolämpöverkoston hyötysuhde on näin ollen 0,87. Hyötysuhteen arvoa käytetään määrittettäessä kaukolämpöenergian myynnistä saatavan katteen suuruutta Puukilan-pientaloalueella (yhtälö 7).

$$K_p = x \cdot 7 \quad (7)$$

$K_p$	energiamaksun kate Puukilan-pientaloalueella, euroa/MWh
$x$	alueen kaukolämpöverkoston hyötysuhde
7	energiamaksun kate Puukilankadulla, euroa/MWh

Kaukolämpöverkoston hyötysuhteella 0,87 laskettuna Puukilan-pientaloalueella myytävän kaukolämpöenergian katteeksi muodostui 6,1 euroa/MWh.

Kaukolämpöenergian myynnistä alueelta vuosittain saatavat tulot ovat noin 2150 euroa (kaukolämpöenergian myynti 352,5 MWh kerrottuna energiamaksun kate 6,1 euroa/MWh).

## 9 TAKAISINMAKSUAIKA

Investoinnin takaisinmaksuaika on se aika, jonka kuluttua investoinnista saadut tulot ovat yhtä suuret kuin investoinnin aiheuttamat menot. Takaisinmaksuaikaa laskettaessa otetaan huomioon tehomaksuista ja/tai energiamaksuista saatavat tulot joilla investoinnin omarahoitusosuutta kuoletaan. Yleisperiaate on, että kiinteillä maksuilla (tehomaksut) katetaan yrityksen kiinteitä kustannuksia ja energiamaksuilla yrityksen muuttuvia kustannuksia. Kiinteitä kustannuksia ovat pääomakulut (poistot) ja hallinnolliset kulut. Muuttuvia kustannuksia ovat polttoaineet, lämmön osto, lisävesi sekä pumppaus- ja omakäyttösähkö /17/.

Takaisinmaksuaikaa määrittettäessä ovat vuosittain saatavat tulot suoraan verrannollisia takaisinmaksuajan pituuteen. Yleisesti ajateltuna, jos tulot kaksinkertaistuvat, takaisinmaksuaika puolittuu.

Takaisinmaksuaikaa laskettaessa käytetään Jämsän Aluelämpö Oy:n voimassa olevia liittymismaksuja, tehomaksuja sekä luvussa 8.4 laskettua energiamaksuista saatavan katteen suuruutta. Luvussa vertaillaan myös eri liittymismaksujen vaikutuksia takaisinmaksuaikoihin. Takaisinmaksuaikoja laskettaessa oletetaan, että kaikki Puukilan-pientaloalueen mahdolliset asiakkaat (17) liittyvät kaukolämpöön. Kaikki luvussa esitetyt hinnat on ilmoitettu arvonlisäverottomina.

### 9.1 Takaisinmaksuaika tehomaksuilla katettuna

Puukilan-pientaloalueen kaukolämmitysverkoston takaisinmaksuaikaa on tarkasteltu tässä kappaleessa pelkästään tehomaksujen kannalta. Tehomaksuista vuosittain saatavat tulot ovat luvun 8.1 mukaisesti 3740 euroa. Investoinnin omarahoitusosuuden määrä on luvun 7.3 mukaisesti 30 440 euroa. Liittymismaksujen suuruutena on käytetty Jämsän Aluelämpö Oy:n tällä hetkellä käyttämää 3 000 euroa/kiinteistö.

Yksinkertaisimmillaan takaisinmaksuaika saadaan jakamalla investoinnin omarahoitusosuuden hankintameno, 30 440 euroa, saatavilla vuosituloilla 3 740 euroa. Tällä laskentatavalla saadaan takaisinmaksuajaksi noin 8,1 vuotta (yhtälö 8).

$$Tt = \frac{I}{Pk} \quad (8)$$

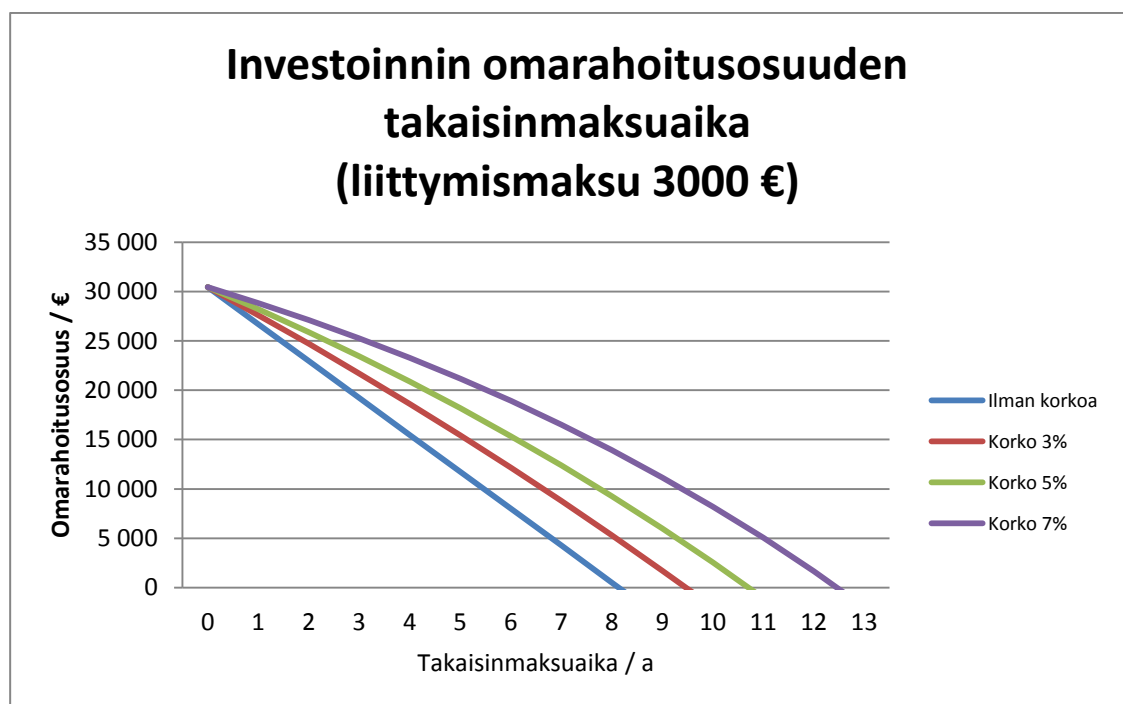
Tt	takaisinmaksuaika, vuotta
I	investoinnin omarahoitusosuuden määrä, euroa
Pk	tehomaksuista vuosittain saatavat tulot, euroa/vuosi

Yhtälössä 8 ei ole huomioitu koron vaikutusta takaisinmaksuaikaan. Mikäli korko (kiinteä vuosittainen) otetaan huomioon ja vuosittaiset tulot (tehomaksut) vakioiksi, voidaan takaisinmaksuaika laskea annuiteetin kaavaan perustuen yhtälöllä 9.

$$Tt, k = \frac{-\ln\left(\frac{1}{i} - \frac{H}{q}\right) - \ln(i)}{\ln(1+i)} \quad (9)$$

$Tt, k$	takaisinmaksuaika korko huomioon ottaen, vuotta
$H$	investoinnin omarahoitusosuuden määrä, euroa
$q$	vuosittaiset tulot, euroa
$i$	laskentakorko, %

Kuviossa 1 on esitetty investoinnin omarahoitusosuuden takaisinmaksuaika ottaen huomioon koron vaikutuksen.



**KUVIO 1. Investoinnin omarahoitusosuuden takaisinmaksuaika tehomaksuista saatavilla tuloilla**

Kuviossa 1 takaisinmaksuajat on laskettu yhtälöllä 9. Kiinteä vuosittainen lyhennys on 3740 euroa. Takaisinmaksuajat on laskettu ilman korkoa sekä käyttäen kolmea erisuurista korkoprosenttia.

### 9.1.1 Liittymismaksun suuruuden vaikutus takaisinmaksuaikaan

Kuviossa 1 on laskettu takaisinmaksuaika käyttäen liittymismaksun suuruutena Jämsän Aluelämpö Oy:n tämän hetkistä 3 000 euroa/kiinteistö. Korottamalla liittymis-

maksuja pienenee investoinnin omarahoitusosuuden määrä ja samalla takaisinmaksuaika lyhenee. Käyttämällä suurempia liittymismaksuja muuttuu investoinnin omarahoitusosuuden määrä seuraavasti yhtälön 5 mukaisesti:

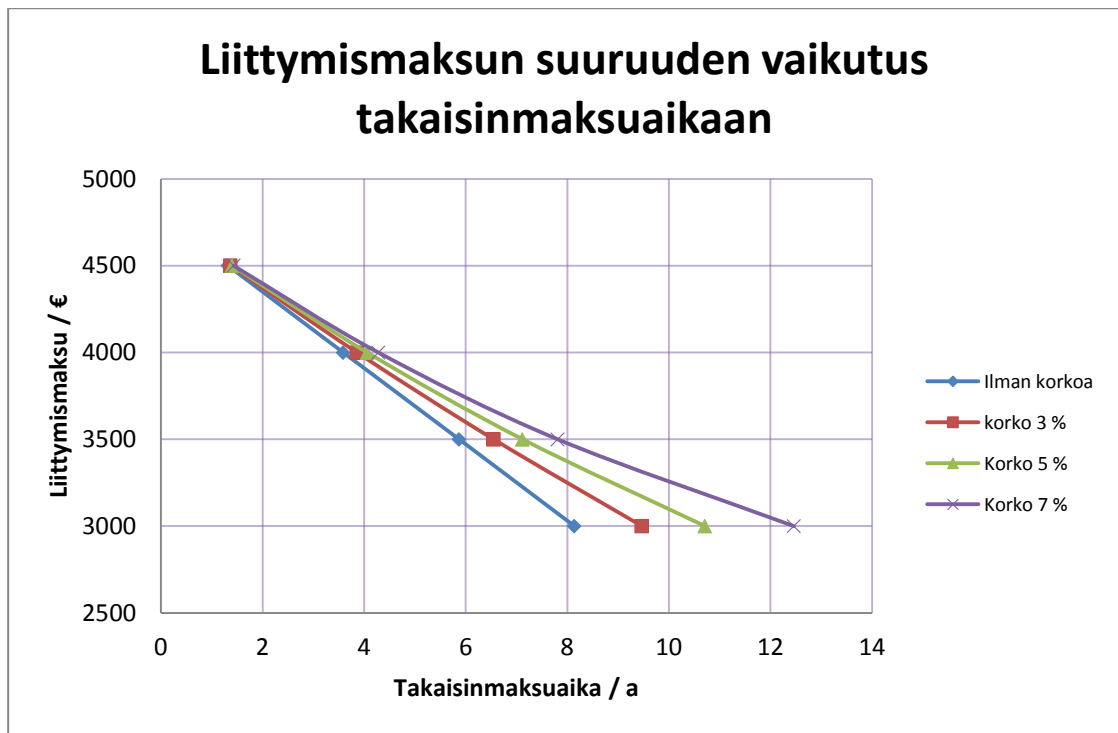
- Liittymismaksu 3 500 euroa – Investoinnin omarahoitusosuus 21 940 euroa
- Liittymismaksu 4 000 euroa - Investoinnin omarahoitusosuus 13 440 euroa
- Liittymismaksu 4 500 euroa - Investoinnin omarahoitusosuus 4 940 euroa

Käyttämällä edellä esitettyjä liittymismaksuja ja laskentakorkoja saadaan yhtälöllä 9 laskettuna takaisinmaksuajoiksi taulukon 7 mukaisia tuloksia. Taulukosta katsotaan haluttu liittymismaksu ja valitaan korkoprosentti, jonka jälkeen voidaan nähdä investoinnin omarahoitusosuuden takaisinmaksuaika vuosina.

**TAULUKKO 7. Koron ja liittymismaksujen vaikutus takaisinmaksuaikaan**

<b>Korko</b>	<b>Liittymismaksu / €</b>			
<b>%</b>	<b>3000</b>	<b>3500</b>	<b>4000</b>	<b>4500</b>
0	8,1	5,9	3,6	1,32
3	9,5	6,6	3,9	1,37
5	10,7	7,1	4,1	1,40
7	12,5	7,8	4,3	1,43

Kuviossa 2 on esitetty diagrammimuodossa liittymismaksun suuruuden vaikutus takaisinmaksuaikaan ilman korkoa ja kolmella erisuuruisella korkoprosentilla laskettuna.

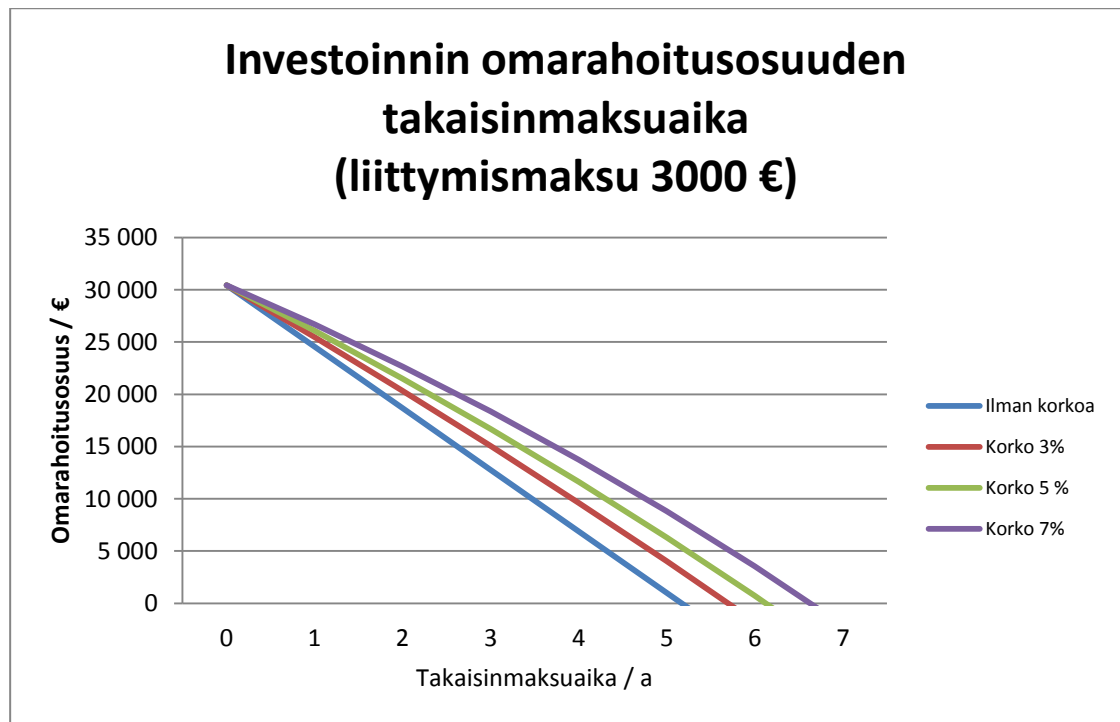


**KUVIO 2. Liittymismaksun suuruuden vaikutus takaisinmaksuaikaan**

## 9.2 Takaisinmaksuaika teho- ja energiamaksuilla katettuna

Investoinnin omarahoitusosuuden takaisinmaksuaikaa voidaan lyhentää, jos vuosittain saatavat tulot lisääntyvät. Puukilan-pientalolaueen tapauksessa huomioitiin edellisessä luvussa ainoastaan kiinteistä maksuista vuosittain saatavat tulot. Tässä luvussa huomioidaan otetaan myös energiamaksuista saatavat tulot, jotka laskettiin luvussa 8.4 ja jotka olivat suuruudeltaan 2 150 euroa vuodessa. Yhdessä tehomaksujen (3 740 euroa vuodessa) kanssa saadaan näin ollen vuosittaisen lyhennyksen summaksi 5 890 euroa.

Korkoa huomioimatta takaisinmaksuaika on yhtälön 8 mukaisesti noin 5,2 vuotta. Huomioimalla koron vaikutus, (yhtälö 9), ja käyttämällä liittymismaksujen suuruutena 3 000 euroa/kiinteistö muodostuu takaisinmaksuaika kuvion 3 mukaisesti.



**KUVIO 3. Investoinnin omarahoitusosuuden takaisinmaksuaika teho- ja energiamaksuista saatavilla tuloilla**

Investoinnin omarahoitusosuuden takaisinmaksuaika on huomattavasti lyhempi ottamalla huomioon teho- ja energiamaksut.

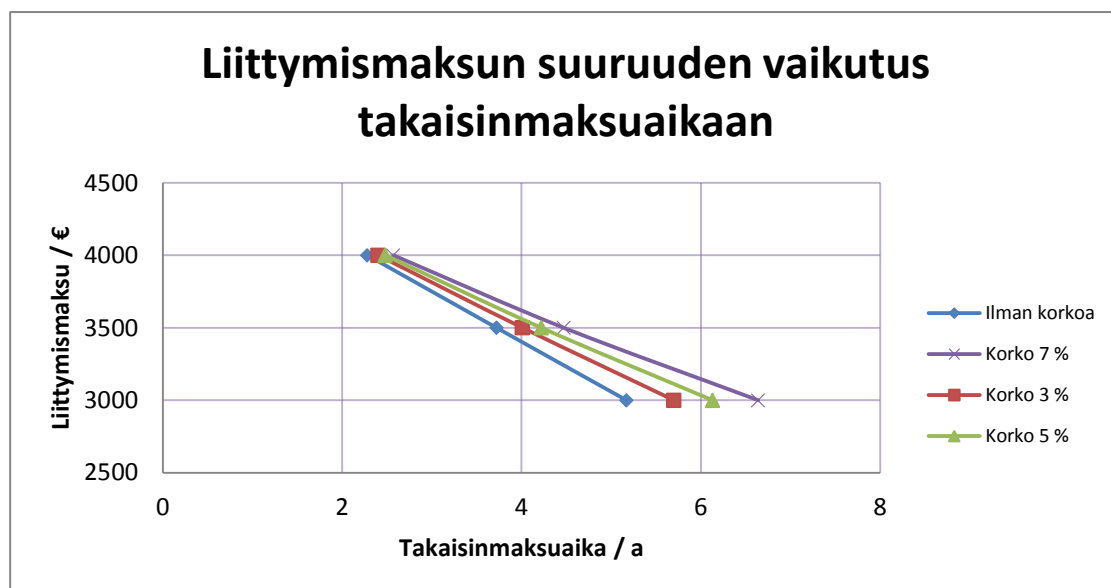
### 9.2.1 Liittymismaksun suuruuden vaikutus takaisinmaksuaikaan

Käyttämällä luvussa 9.1.1 esitettyjä liittymismaksuja saadaan yhtälöllä 9 laskettuna takaisinmaksuajoiksi taulukon 8 mukaisia tuloksia. Taulukosta 8 katsotaan haluttu liittymismaksu ja valitaan korkoprosentti minkä jälkeen voidaan nähdä investoinnin omarahoitusosuuden takaisinmaksuaika vuosina.

**TAULUKKO 8. Koron ja liittymismaksujen vaikutus takaisinmaksuaikaan**

Korko	Liittymismaksu / €		
	3000	3500	4000
0	5,2	3,7	2,3
3	5,7	4,0	2,4
5	6,1	4,2	2,5
7	6,6	4,5	2,6

Kuviossa 4 on esitetty diagrammimuodossa liittymismaksun suuruuden vaikutus takaisinmaksuaikaan ilman korkoa ja kolmella erisuuruisella korkoprosentilla laskettuna.



**KUVIO 4. Liittymismaksun suuruuden vaikutus takaisinmaksuaikaan**

Takaisinmaksuaika vaihtelee reilun kahden ja noin kuuden ja puolen vuoden välillä. Liittymismaksujen ja koron vaikutus on pienempi verrattuna kuvion 2 arvoihin.

## 10 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksen onnistumisen edellyttävät lähtötiedot, kiinteistöjen omistajien ilmoittamat kulutus- ja rakennustiedot, voidaan todeta oikean suuntaiseksi. Indikaattorina voidaan käyttää tutkimusalueen kiinteistöjen keskimääräistä ominaiskulutusta, joka oli 55 kWh/m<sup>3</sup>. Luku on ominainen 1960- 1970-luvun pientaloille.

Laskennassa saatu verkostohäviöiden osuus (13 %) Puukilan-pientaloalueella myydyistä kaukolämpöenergiasta on realistinen ja hyvin lähellä energiateollisuuden ilmoittamaa keskimääräistä arvoa 10 %. Verkostohäviöt ovat yleensä hieman suuremmat pientaloalueella kuin esimerkiksi rivitalo-alueella ottaen huomioon, että verkostopi- tuudet ovat samat. Tämä selittyy myytävän energian pienemmästä määrästä pientalo- alueilla. Verkostohäviöiden osuus, toisin sanoen kaukolämpöverkoston hyötysuhde, vaikuttaa kaukolämpöenergian myynnistä alueelta vuosittain saataviin tuloihin. Energiamaksun osuus vuosittaisista kokonaistuloista on noin 37 % (2150 euroa / 5890 eu-



roa). Mikäli Puukilan-pientalolaueen verkostohäviöt olisivat laskettua esimerkiksi 5 prosenttiyksikköä suuremmat tai pienemmät, olisi muutos takaisinmaksuaikaan noin 2 prosenttia. Vaikutusta voidaan takaisinmaksuaikaa tarkasteltaessa pitää vähäisenä.

Puukilan-pientaloalueen kaukolämpöverkostosta tehtiin kaikkiaan kolme eri suunnitelmaa. Kaikkien suunnitelmien rakentamiskustannukset olivat hyvin lähellä toisiaan, joten takaisinmaksuajan suhteen kaikki kolme ovat hyvin samankaltaisia keskenään. Suunnitelman edetessä toteuttamisvaiheeseen Jämsän Aluelämpö Oy:n on syytä tarkkaan harkita, mitä toteuttamistapaa Puukilan-pientaloalueen kaukolämpöverkoston rakentamisessa käytetään. Tutkimuksen tulokset pohjautuvat suunnitelma 1:n mukaiseen toteuttamistapaan, joka on rakentamiskustannuksiltaan halvin. Suunnitelmaa 2 ja 3 ei kuitenkaan kannata unohtaa, sillä niiden toteuttamistavat edustavat toisaalta asiakkaan ja toisaalta urakoitsijan näkökulmaa, jotka molemmat on hyvä ottaa huomioon. Puukilan-pientalolaueen kaukolämpöverkoston toteuttamisvaiheessa voi myös harkita kompromissia yhdistämällä elementtejä jokaisesta kaukolämpösuunnitelmasta.

Kaukolämpöverkoston poisto aika on kirjanpitolain mukaan 15 vuotta, mutta investoinnin takaisinmaksuajan (kaukolämpö alalla) tulisi olla keskimäärin alle 5 vuotta jotta investointi olisi kannattava. Puukilan-pientaloalueen kaukolämpöverkoston rakennuskustannukset muodostuivat odotettua pienemmiksi ja kohdealuetta voidaan pitää keskimääräistä halvempaan investointina. Nykyisellä pientalojen liittymismaksulla 3 000 euroa/kiinteistö takaisinmaksuaika on kuitenkin 5 % korolla ja pelkillä tehomaksuilla laskettaessa 10,7 vuotta. Liittymismaksulla 4 000 euroa/kiinteistö saavutetaan selvästi lyhyempi takaisinmaksuaika 4,1 vuotta. Mikäli laskentaan otetaan mukaan energiamaksun vaikutus, saadaan nykyisellä liittymismaksulla 3 000 euroa/kiinteistö takaisinmaksuajaksi 6,1 vuotta. Takaisinmaksuajan lyhenee 4,2 vuoteen liittymismaksulla 3 500 euroa/kiinteistö. Tutkimuksessa saatujen tulosten perusteella voidaan todeta, että Puukilan-pientaloalueen kaukolämmitysverkoston toteuttaminen vaatii liittymismaksujen suuruudeksi vähintään 3 500 euroa/kiinteistö, mieluummin 4000 euroa/kiinteistö, jotta investointi olisi kannattava ja takaisinmaksuaika kohtuullinen.

Tutkimuksen tuloksena saatiin yhden pientaloalueen kannattavuus ja takaisinmaksuaika määritettyä. Jokainen pientaloalue on kuitenkin erilainen ja investoinnin kannattavuus tapauskohtaisesti erikseen määritettävä. Toimenpide-ehdotuksena Jämsän Alue-

lämpö Oy:lle tutkimuksen perusteella esitetään yleisesti pientalojen liittymismaksujen korottamista 4 000 euroa/kiinteistö. Liittymismaksujen korottamisella lyhennetään takaisinmaksuaikaa huomattavasti ja vallitsevan koron vaikutus vähenee selvästi. Pientalojen liittymismaksuja korottamalla taataan myös kohtuulliset takaisinmaksuajat alueilla, missä investointi on selvästi kalliimpi Puukilan-pientaloalueeseen verrattuna.

## LÄHTEET

/1/ Energiateollisuus Ry. Kaukolämpö. Www-dokumentti.

<http://www.energia.fi/fi/kaukolampo/kaukolampo>

Päivitetty 2011. Luettu 2.2.2011.

/2/ Energiateollisuus Ry. Kaukolämpö. Www-dokumentti.

[http://www.energia.fi/fi/kaukolampo/kaukolampo/tuotanto\\_ja\\_polttoaineet](http://www.energia.fi/fi/kaukolampo/kaukolampo/tuotanto_ja_polttoaineet)

Päivitetty 2011. Luettu 7.2.2011.

/3/ Energiateollisuus Ry. Kaukolämpö. Www-dokumentti.

<http://www.energia.fi/fi/kaukolampo/kaukolampo/jakelu>

Päivitetty 2011. Luettu 9.2.2011.

/4/ Danfoss LPM. Kovajuotettu levylämmönsiirrin. Www-dokumentti.

<http://www.lpm.danfoss.fi/fi/cfmldocs/index.cfm?ID=876>

Päivitetty 2011. Luettu 9.2.2011.

/5/ Danfoss LPM. Lämmönsiirtimet. Www-dokumentti.

<http://www.danfoss.com/Finland/Products/Categories/Photos/HE/Lammonsiirtimet/Juotetetut-lammonsiirtimet-1-vetoiset/XB-04-1-vetoiset/3f30d7e7-d517-479b-9dc9-adbc113c761d.htm>

Päivitetty 2011. Luettu 9.2.2011.

/6/ KWH pipe. Wehoterm kaukolämpöputkijärjestelmä. Esite. 12/2009

/7/ Energiateollisuus Ry, lämmönjakelutoimikunta. Suositus L1. 2010.

/8/ Danfoss LPM. Lämmönvaihdin PKL-112 Classic. Www-dokumentti.

<http://www.lpm.danfoss.fi/fi/cfmldocs/index.cfm?ID=881>

Päivitetty 2011. Luettu 28.2.2011.

/9/ Energiateollisuus Ry, lämmönkäyttötoimikunta. Suositus K13. 2008.

/10/ Energiateollisuus Ry. Energiavuosi 2010 kaukolämpö. Lehdistötiedote

[http://www.kaukolampoekstra.fi/fi/ajankohtaista/kaukolampovuosi\\_2010\\_20110120.html](http://www.kaukolampoekstra.fi/fi/ajankohtaista/kaukolampovuosi_2010_20110120.html)

Päivitetty 20.1.2011. Luettu 2.2.2011

/11/ Öljyalan keskusliitto. Öljylämmitys. Www-dokumentti.

<http://www.oil.fi/index.php?m=3&id=851>

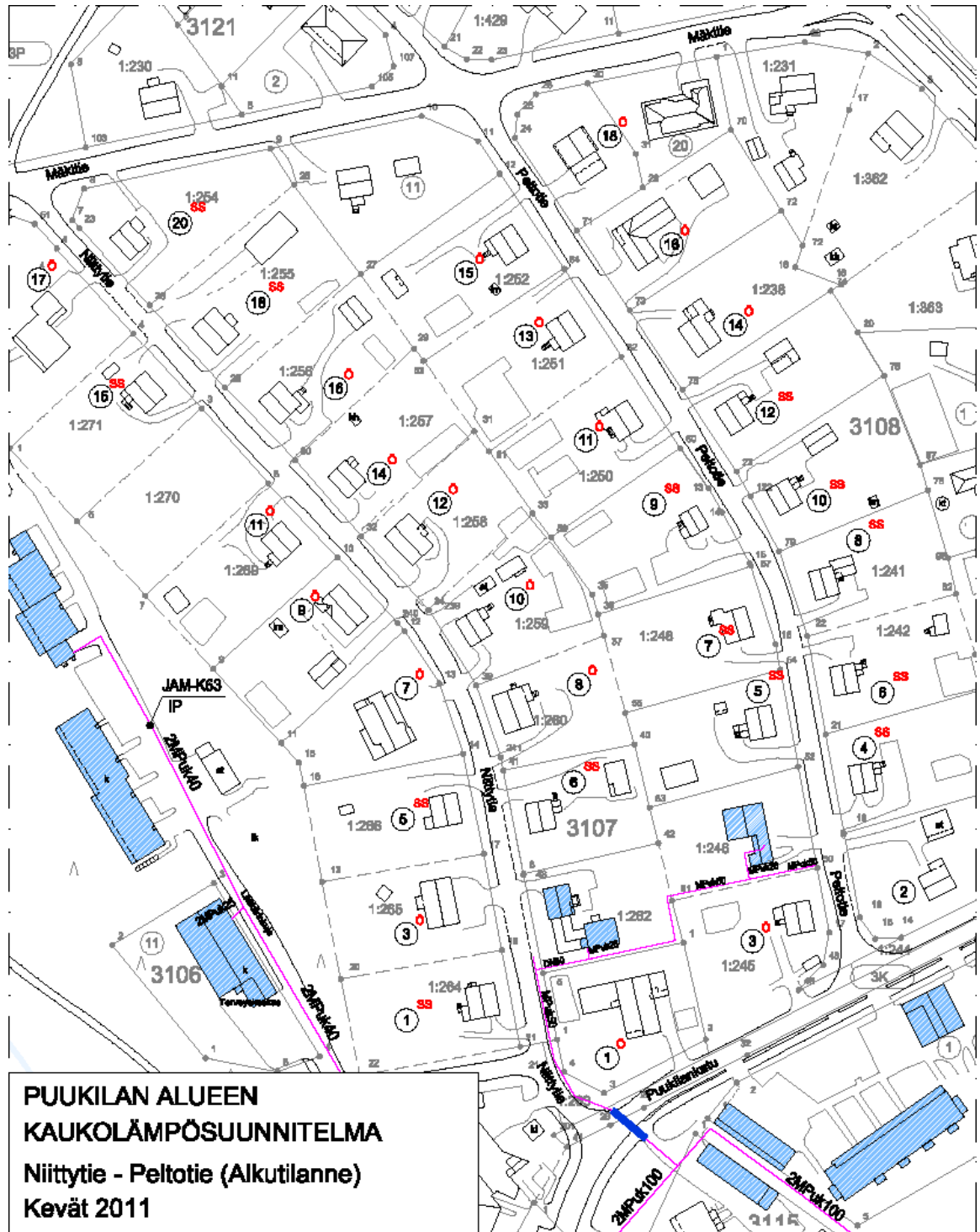
Päivitetty 2011. Luettu 28.2.2011

/12/ Lämmöllä. Öljylämmittäjän palveluopas 2010. Www-dokumentti.

<http://viisastalo.fi/themes/lammolla/Palveluopas2010.pdf>

Päivitetty 2010. Luettu 28.2.2011

- /13/ Energiateollisuus Ry. Maanalaisten kiinnivaahdotettujen kaukolämpöjohtojen rakentamiskustannukset 2009. 2010
- /14/ Energiateollisuus Ry. Kaukolämmön käsikirja. Helsinki 2006. s 165.
- /15/ Laakso, Kari. Suullinen tiedonanto. Jämsän Aluelämpö Oy. Toimitusjohtaja. 28.2.2011
- /16/ Skog, Mathias. Sähköpostikirjeenvaihto. KWH pipe Oy. Tuotepäällikkö. 3.3.2011
- /17/ Energiateollisuus Ry. Kaukolämmön käsikirja. Helsinki 2006. s. 465-466.



Mikko Lampinen

Talvella 2011

**ARVOISA PIENTALON OMISTAJA**

Olen tekemässä insinööriopintojeni lopputyöhön liittyen Jämsän Aluelämpö Oy:n toimesta selvitystä kaukolämpöverkon laajentamisesta Puukilan pientaloalueelle. Tällä kyselyllä haluan selvittää asuinalueenne kiinnostusta ja potentiaalia liittyä kaukolämpöön, sekä kerätä tietoja suunnittelua ja laskentaa varten. Pyydän, että vastaatte alla oleviin kysymyksiin ja palautatte lomakkeen oheisessa kuoressa mahdollisimman pian.

Yhteystiedot:

Kiinteistön omistaja: \_\_\_\_\_ Puh nro: \_\_\_\_\_

Katuosoite: \_\_\_\_\_

Kiinteistön tiedot:Lämmitetty asuinpinta-ala \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup> Rakennustilavuus \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>

Rakennusvuosi: \_\_\_\_\_ Kerrosten lukumäärä: \_\_\_\_\_

Pääasiallinen lämmitystapa:☐ Suora sähkölämmitys ☐ Öljylämmitys ☐ Varaava sähkölämmitys (vesikiertoinen)☐ Puulämmitys Lisätietoja: \_\_\_\_\_Lattialämmitykset:Pesutilat \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>Muut tilat \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>☐ Vesikiertoinen lattialämmitys☐ Vesikiertoinen lattialämmitys☐ Lattialämmitys suoralla sähköllä☐ Lattialämmitys suoralla sähkölläLämmityskattila ja kulutustietoja:

Kattilan ikä \_\_\_\_\_ v

Polttimen ikä \_\_\_\_\_ v

Öljynkulutus n. \_\_\_\_\_ litraa/vuosi

Sähkönkulutus keskimäärin \_\_\_\_\_ kWh /vuosi

☐ Kaukolämpö kiinnostaa ☐ Kaukolämpö ei kiinnosta

Tarvittaessa annan mielelläni lisätietoja: Mikko Lampinen / 0407587735

## Kaukolämpösuunnitelma 1

